تقنيات ما بعد الحصاد للمحاصيل البستانية



تأليف:

إعداد:

أ.د. عبدالله بن عبدالرحمن السعدون [1]

أ.د. عبدالله بن محمد الحمدان [2]

قسم الإنتاج النباتي[1] و كرسي أبحاث التمور[2]

كلية علوم الأغذية والزراعة

جامعة الملك سعود

محرم ١٤٣٢ هـ - يناير ٢٠١١م


بسم الله الرحمن الرحيم



السيرة الذاتية للمؤلفين:

١) عبد الله بن عبد الرحمن السعدون

أستاذ البساتين – قسم الإنتاج النباتي– كلية علوم الأغذية والزراعة– جامعة الملك سعود

ص. ب. ٢٤٦٠ الرياض ١١٤٥١ هاتف ٤٦٧٨١٠٧ فاكس ٤٦٧٨٣٦٦

Alsadon@ksu.edu.sa

المؤهلات العلمية

- الدكتوراه ١٤٠٩هـ – البساتين – جامعة ولاية كولورادو، الولايات المتحدة الأمريكية
- الماجستير ١٤٠٤هـ – الخضر – جامعة كاليفورنيا ديفيز، الولايات المتحدة الأمريكية
- البكالوريوس ١٣٩٩هـ – الإنتاج النباتي ووقاية النبات –جامعة الملك سعود، الرياض

الخبرات الأكاديمية والإدارية

- عضو مجلس إدارة مركز دعم وتطوير أبحاث الزراعة المستدامة
- ممثل المملكة العربية السعودية في الجمعية الدولية لعلوم البساتين
- عضو لجنة إستراتيجية التقنيات الزراعية في مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
- عضو فريق الأمن الغذائي– معهد الملك عبد الله للبحوث والدراسات الاستشارية– جامعة الملك سعود.
- مستشار غير متفرغ في وزارة الزراعة
- عميد كلية علوم الأغذية والزراعة، جامعة الملك سعود (١٤٢٥-١٤٢٩هـ)
- رئيس قسم الإنتاج النباتي (١٤٢٢-١٤٢٥هـ)
- رئيس الجمعية السعودية للعلوم الزراعية (١٤٢١هـ-١٤٢٤هـ)
- وكيل كلية علوم الأغذية والزراعة (١٤١٨-١٤٢٠)
- مدير محطة الأبحاث والتجارب الزراعية (١٤١١-١٤١٤)

الأبحاث والنشر العلمي

- له ٥٥ حثاً منشوراً و ٧ كتب أو كتيبات مؤلفة أو مترجمة.
- رئيس الفريق البحثي لمشروع التعاون البحثي بين جامعة الملك سعود والمركز الفرنسي للأبحاث الزراعية (INRA). ومشروع تصميم برنامج حاسوبي عن زراعة محاصيل الخضر في المملكة.
- أشرف وشارك في لجان مناقشة رسائل ماجستير ودكتوراه.

الجوائز

- حاصل على جائزة المراعي للإبداع العلمي/ العمل الإبداعي في مجال الإنتاج النباتي
- حاصل على شهادة المقيم المتميز في مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

التفرغ العلمي والمنح

- المركز الوطني الأمريكي لحفظ المصادر الوراثية National Center for Genetic Resources **Preservation, USDA** في مدينة فورت كولينز – كولورادو – الولايات المتحدة الأمريكية ١٤١٦-١٤١٧ هـ.
- منحة من المجلس الثقافي البريطاني في جامعة أبردين Aberdeen في اسكتلندا ١٤٠٣ هـ (١٩٩٣ م).



٢) أ.د. عبد الله بن محمد الحمدان

أستاذ هندسة التصنيع الغذائي وتقنيات التمور – قسم الهندسة الزراعية–

كلية علوم الأغذية والزراعة– جامعة الملك سعود.

المشرف على كرسي أبحاث التمور

ص. ب. ٢٤٦٠ الرياض ١١٤٥١ هاتف ٤٦٧٨٤٥٨ فاكس ٤٦٧٨٥٠٢ جوال ٠٥٠٥٤١١١٣٤

Alhamdan@ksu.edu.sa

المؤهلات العلمية

- الماجستير والدكتوراه ١٤١٦هـ – الهندسة الزراعية – جامعة ولاية أوهايو الحكومية، الولايات المتحدة الأمريكية
- البكالوريوس ١٤٠٦هـ – الهندسة الزراعية –جامعة الملك سعود، الرياض

الخبرات الأكاديمية والإدارية

- المشرف على كرسي أبحاث التمور بجامعة الملك سعود.
- عضو مجلس إدارة هيئة الري والصرف بالأحساء
- رئيس تحرير مجلة النخيل والتمور
- المشرف على وحدة الشبكة المعلوماتية الدولية للنخيل والتمور ومصنع التمور التجريبي بالجامعة
- عضو اللجنة الوطنية للنخيل والتمور بمجلس الغرف السعودية
- شارك في عدد من اللجان العلمية داخل الجامعة وخارجها.
- شارك في دورة لمدربي المؤسسة العامة للتدريب المهني (صناعات غذائية) لمدة سنة.
- مستشار غير متفرغ في: صندوق التنمية الزراعية والهيئة العربية للاستثمار والإنماء الزراعي ومنظمة الأغذية والزراعة FAO

الأبحاث والنشر العلمي

- أكثر من ٤٥ بحثاً منشوراً و٤٢ إلقاء في ورش وندوات ومؤتمرات ومهرجانات و٨ كتب أو كتيبات مؤلفة أو مترجمة ومشتركة..
- أشرف وشارك في لجان مناقشة ٨ من طلبة الماجستير (داخل المملكة) وطالب دكتوراه (خارج المملكة)

الجوائز

حاصل على أكثر من ٢٠ جائزة، منها:

- الفوز بجائزة المراعي للإبداع العلمي لعام ١٤٢٧ هـ. لمشروع ""ترشيد استخدام المياه في نظم التبريد بتبخير الماء للمنشآت الزراعية" مشترك مع الباحث الرئيس د. ابراهيم بن محمد الهلال و أ.د. عبدالرحمن الجنوبي.
- شهادة استحقاق من الدرجة الثالثة (البرونزية) من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية للنشر المتميز . ١٤٣١هـ
- شهادة البحث المتميز (الفضية) لبحث أ ت ١٨–٤٨. من قبل مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية. ١٤٢٦هـ.

العضوية: اللجان: (١٠) والجمعيات العلمية (٥)

براءات الاختراع: "قاتل حشرات سيقان الأشجار ذو التأثير المزدوج للموجات الكهرومغناطيسية والمحاليل الكيميائية". رقم تسليم الطلب ١٠٨٣٠٠٠١ بتاريخ ١٤٣٠/١/١هـ.، مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية.

المشاريع البحثية الممولة: ١٥ مشروع بحثي مدعم من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية وسابك وجامعة الملك سعود..

الاهتمامات البحثية: تقنيات عمليات ما بعد الحصاد للمحاصيل البستانية والتمور، وتصنيع التمور ومنتجاتها بالألبان.

جدول المحتويات

الموضوع	الصفحة

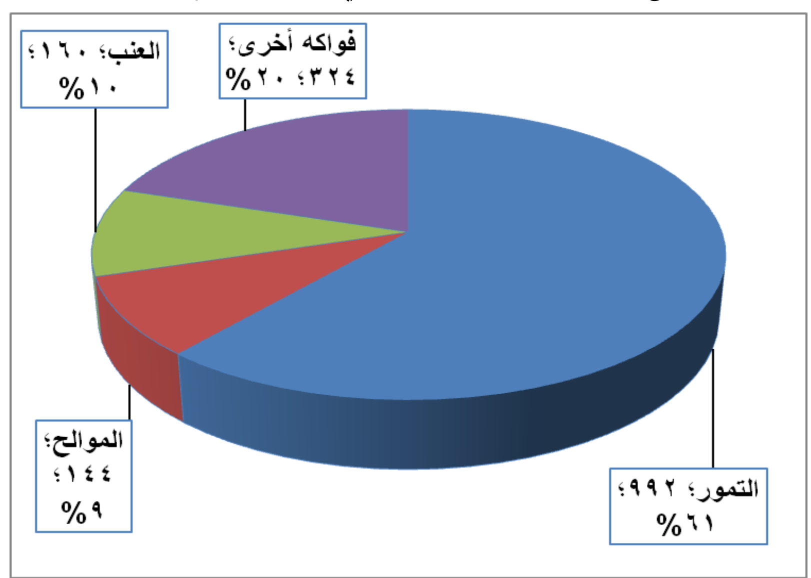
١- المقدمة

نظراً للزيادة المستمرة في تعداد سكان العالم، فإن الحاجة ماسة إلى زيادة الإنتاج الزراعي. ولهذا يجب المحافظة وباستمرار على معدلات إنتاج غذائي عالية تفي بالمتطلبات المتزايدة للسكان. وتشكل المحاصيل البستانية (التي تشمل محاصيل الفاكهة والخضر) نسبة عالية من الإنتاج الزراعي وخاصة في الدول النامية، كما أنها تلعب دوراً مهما في إمداد الإنسان بالعناصر الغذائية والفيتامينات والألياف. وتعد المحاصيل البستانية منتجات قابلة للتلف Perishable Commodities نظراً لكونها أكثر عرضة لحدوث تلف ما بعد الحصاد بالمقارنة مع محاصيل الحبوب.

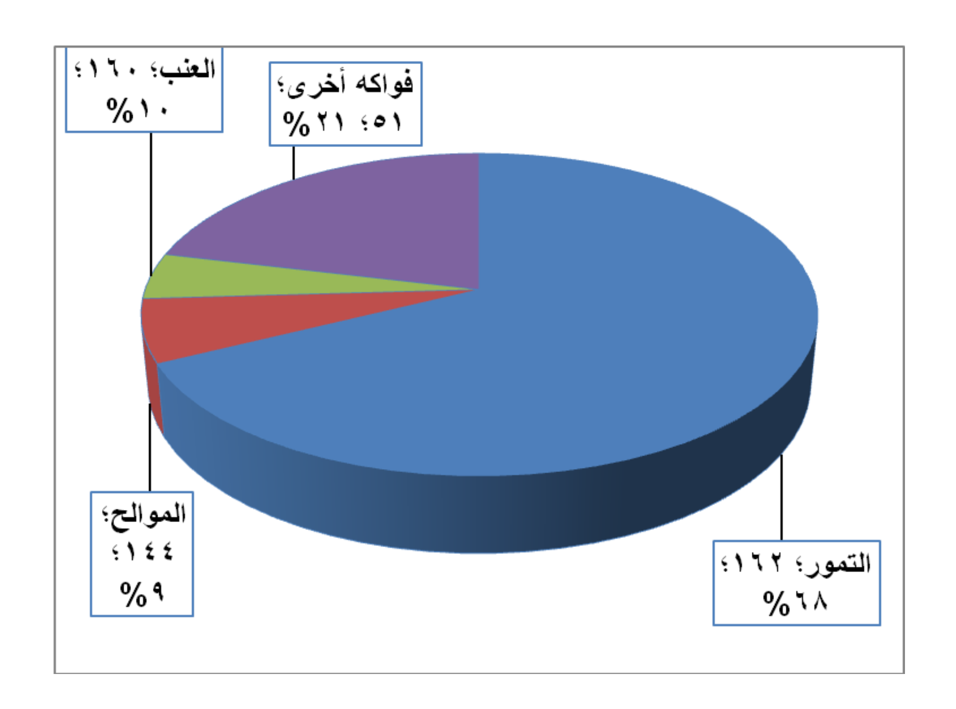
يستعرض هذا الإصدار إنتاج المحاصيل البستانية في المملكة العربية السعودية وتصنيف المحاصيل البستانية من وجهة نظر علوم ما بعد الحصاد كما يناقش فواقد ما بعد الحصاد وعوامل تدهور جودة المنتجات البستانية بعد الحصاد وطرق التحكم بها. كما يتناول الإصدار موضوع صفات الجودة وعناصرها وطرق قياسها ودلائل نضج المحاصيل البستانية. ويتطرق إلى عمليات التداول والتخزين مع الإشارة إلى بعض التقنيات الحديثة في مجال عمليات ما بعد الحصاد.

٢- إنتاج المحاصيل البستانية في المملكة العربية السعودية

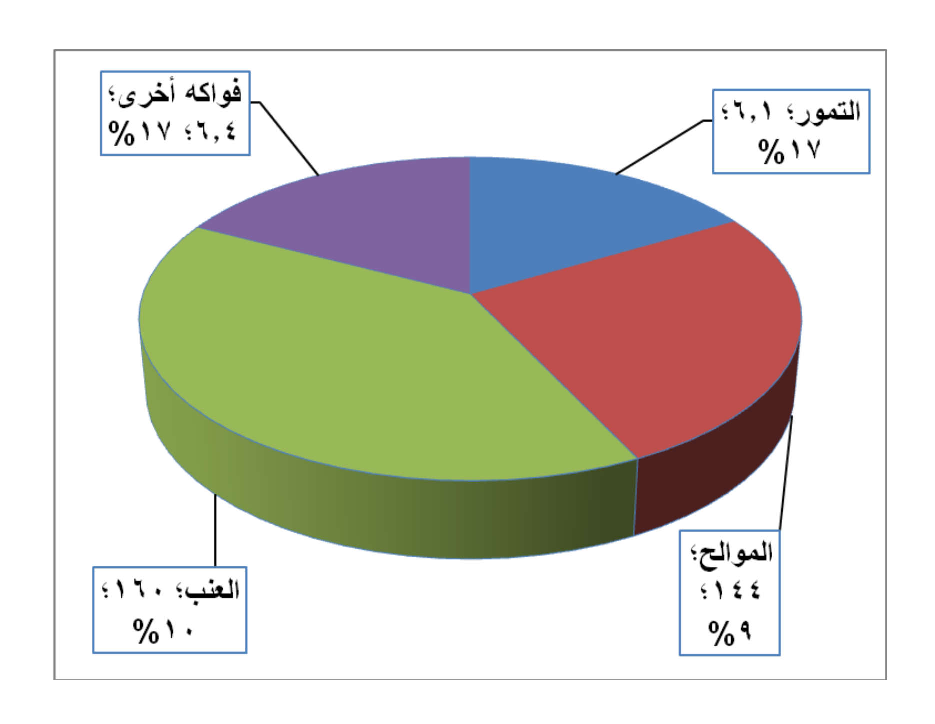
تطور الإنتاج الزراعي في المملكة العربية السعودية بشقيه النباتي والحيواني وكذلك أساليب وتقنيات إنتاج المحاصيل البستانية سواء في الحقول المكشوفة أو في البيوت المحمية بشكل واضح في العقود الأخيرة. وتشير أحدث الإحصائيات (وزارة الزراعة، ٢٠١٠) إلى أنه تم انتاج مايقارب ١،٦ مليون طن من التمور والعنب والموالح وما يقارب من ٢،٧ مليون طن من الخضروات من الحقول المكشوفة والبيوت المحمية عام ٢٠٠٩م (أشكال ١ و٢ و ٣ وجدول ١)، وبمعدلات إنتاجية جيدة إذا ما أخذنا في الاعتبار الظروف البيئية غير المناسبة في الزراعات المكشوفة. ومن الجدير بالذكر أن إنتاجية الخضر بشكل عام في البيوت المحمية أعلى بعدة أضعاف بالمقارنة مع الإنتاجية في الحقول المكشوفة. ويلاحظ وجود كميات من المنتجات البستانية التي تفقد أثناء الحصاد ومابعده من عمليات التداول والنقل والتخزين، وعلى الرغم من عدم توافر معلومات دقيقة عن نسب هذا الفقد في المملكة الا أنه تقدر نسبتها من ٢٠ -٣٠% (حسب نوع المحصول). ويمكن العمل على تقليل نسب الفقد وبالتالي زيادة الكميات المنتجة ورفع الكفاءة الانتاجية عن طريق تطبيق التقنيات المناسبة في عمليات التداول المختلفة.



شكل (١) : إنتاج أهم محاصيل الفاكهة (ألف طن) بالمملكة العربية السعودية عام ٢٠٠٩م



شكل (٢) : المساحة المزروعة بأهم محاصيل الفاكهة (ألف هكتار) بالمملكة العربية السعودية ونسبها عام ٢٠٠٩م



شكل (٣) : إنتاجية أهم محاصيل الفاكهة (طن/هكتار) بالمملكة العربية السعودية ونسبها عام ٢٠٠٩م

جدول (١). إحصائيات إنتاج أهم محاصيل الخضر بالمملكة العربية السعودية عام ٢٠٠٩م.

المحصول	الإنتاج (١٠٠٠طن)	المساحة (هكتار)	الإنتاجية (طن/هكتار)
طماطم	٥٤٣	١٥،١٢٧	٣٦
بطاطس	٤٤٤	١٧،٦٦٥	٢٥
كوسا	١١٧	٦،٣٥٩	١٨
باذنجان	٥٧	٣،٦٦١	١٦
باميا	٦١	٤،٤٤٦	١٤
جزر	٤٩	٢،٩٣٨	١٧
بصل جاف	٦٢	٢،٥٢٩	٢٥
خيار	٣٢٦	٤،٧٧٥	٦٨
شمام	٢١١	١٠،٦١٢	٢٠
بطيخ	٣٣٨	١٦،٧٨٣	٢٠
أخرى	٤٦٩	٢١،٨٦٦	٢١
الإجمالي	٢،٦٧٧	١٠٦،٧٦١	

المصدر: وزارة الزراعة، ٢٠١٠.

٣- تصنيف المحاصيل البستانية

يمكن تصنيف المحاصيل البستانية إلى عدة مجاميع حسب:

١. القابلية للتلف أثناء التداول والتخزين.
٢. الاحتياجات الحرارية لما بعد الحصاد.
٣. التعريف البستاني.
٤. الجزء الذي يؤكل.

وسيتم التطرق إلى المجموعة الأولى والثانية نظراً لأهميتها المباشرة في عمليات ما بعد الحصاد.

٣-١ التقسيم حسب القابلية للتلف أثناء التداول والتخزين

تعد الثمرة (من الناحية البستانية) الجزء الصالح للاستهلاك او التصنيع بغض النظر عن أصله النباتي فقد تكون ورقة او ساقا او جذرا او زهرة. وبالتالي من المهم التعرف على مدى قابلية تلك الثمار للتلف والعمل على اتخاذ الاجراءات الكفيلة بالحد منه واطالة فترة الحفظ والتداول وفق نظام تسويقي فعال. ويعتمد هذا التقسيم على طول فترة التخزين لكل محصول عند الظروف المناسبة من درجة الحرارة والرطوبة النسبية.

وتقسم الثمار من حيث قابليتها للتلف أثناء التداول والتخزين إلى:

أ- **محاصيل ذات سرعة تلف عالية بعد الحصاد:** وتشمل بعض ثمار الفاكهة الحساسة مثل التين الطازج والمشمش وبعض أصناف العنب والتمور (في مراحل نضج البلح والمنصف والرطب) وبعض الخضر مثل الطماطم والفراولة والخضر الورقية مثل الخس والسبانخ. وعادة لا تتجاوز مدة التداول والتخزين عدة أيام إلى أسابيع حسب النوع والصنف ومستوى الاهتمام بالحصاد وظروف التداول والتخزين.

ب- **محاصيل ذات سرعة تلف متوسطة بعد الحصاد:** تشمل الكثير من محاصيل الفاكهة كالتفاح والكمثرى والعنب والموالح والخوخ والبرقوق والرمان والمانجو والزيتون والتمور (نصف الجافة) وكثير من محاصيل الخضر الثمرية كالبطيخ والفاصوليا والبسلة واللوبيا. وتتراوح مدة التخزين من عدة أسابيع إلى عدة شهور تبعا للنوع والصنف وطريقة الحصاد ونظم التداول والتخزين.

ج- **محاصيل بطيئة التلف:** وتشمل الثمار الجافة مثل بذور الخضر الجافة كالبسلة والفاصوليا واللوبيا ومحاصيل الخضر الجذرية والدرنية والبصلية والتمور (الجافة) وثمار النقل كالجوز والبقوليات (الجافة). وتتراوح مدة التخزين لهذه المحاصيل بين عدة أشهر إلى عدة سنوات.

تتميز الحاصلات البستانية سريعة التلف بارتفاع نسبة محتواها الرطوبي وكبر حجم الأجزاء التي تؤكل فيها، وكذلك يلاحظ أن الثمار سريعة التلف هي التي تقطف بعد اكتمال النضج. ومن ناحية أخرى فإن الحاصلات البستانية بطيئة التلف بعد الحصاد تتميز بقلة محتواها الرطوبي. كما يمكن الربط بين هذا التقسيم وبين معدل التنفس حيث يقل معدل التنفس للمحاصيل بطيئة التلف عن المتوسطة وعن سريعة التلف، ويعتبر هذا التقسيم من أنسب طرق التقسيم بالنسبة لمعاملات ما بعد الحصاد وقابلية المحاصيل البستانية وتحملها لعمليات النقل والتداول وظروف التخزين.

٣-٢ التقسيم حسب الاحتياجات الحرارية لما بعد الحصاد:

تقسم المحاصيل البستانية حسب مقدار حساسيتها لانخفاض درجة الحرارة أثناء التبريد المبدئي أوالتخزين إلى:

أ- **محاصيل حساسة لأضرار البرودة** Chilling Injury: وهي المحاصيل التي إذا تعرضت لدرجات حرارة محددة عادة أعلى من درجة التجمد (الصفر المئوي) تصاب بأضرار البرودة التي تسبب تدهوراً سريعاً في جودتها وخاصة بعد نقلها من ظروف التبريد إلى ظروف الجو العادي. فعلى سبيل المثال، تتراوح درجات حرارة أضرار التبريد من ٢°م لبعض أصناف التفاح إلى ٧°م للخيار والطماطم الناضجة وإلى ١١°م للموز والليمون. وتشمل تلك المحاصيل أيضاً معظم محاصيل الخضر الثمرية وثمار الفاكهة التي من أصل مداري وشبه مداري كالموالح والمانجو والموز والزيتون.

ب- **محاصيل غير حساسة لأضرار البرودة:** ولا تتأثر هذه المحاصيل بدرجات الحرارة المنخفضة بل أن أنسب درجة حرارة لنقل وتخزين غالبية هذه المحاصيل هي صفر°م (فوق درجة التجمد مباشرة) وتشمل معظم محاصيل الخضر الورقية والزهرية والجذرية (عدا البطاطا) والدرنية والبصلية والبسلة وجميع ثمار الفاكهة متساقطة الأوراق.

ويفيد هذا التقسيم في تحديد أنسب درجات الحرارة عند النقل والتخزين. وهناك بعض الحالات الخاصة مثل البطاطس التي لا ينصح بتخزينها عند أقل من ٥°م وكذلك البصل الذي ينجح تخزينه على درجات الحرارة المرتفعة (أعلى من ٣٠°م)، أيضاً بعض أصناف التفاح التي تتعرض لضرر التبريد على درجات حرارة أقل من ٤°م.

يرجع ارتفاع نسبة التلف في الحاصلات البستانية إلى كون غالبيتها محاصيل سريعة التلف بعد الحصاد وذات عمر تسويقي أو تخزيني محدود إذا لم تتوافر ظروف التخزين المناسبة. ولتقليل نسبة الفاقد في الحاصلات البستانية بعد الحصاد مع المحافظة على الجودة أطول فترة ممكنة فإنه يجب أولاً الإلمام التام بعوامل التدهور بعد الحصاد ومعرفة طرق ووسائل وتقنيات التحكم بها ومن ثم السيطرة عليها.

٤- فواقد ما بعد الحصاد

يحدث الفاقد في الحاصلات البستانية كمياً أو نوعياً بعد حصادها. وتختلف نسبة الفقد الكمي حسب نوع المحصول ومدى تطبيق التقنيات الحديثة في الزراعة والحصاد والتداول والتخزين. أما الفقد النوعي فيتمثل في انخفاض جودة المنتج بصفة عامة (شكل ٤) مثل الذبول والكرمشة وفقدان اللمعان وتدهور اللون وفقدان جزء كبير من النكهة المميزة للمحصول ونحو ذلك.

إن عملية زيادة الإنتاج الزراعي يمكن تحقيقها أيضاً من خلال تقليل الفقد الذي يحدث للحاصلات البستانية نتيجة تلف الثمار أثناء الحصاد والتداول والتخزين. ويحدث الفقد الكمي والنوعي في المنتجات البستانية في أي مرحلة بعد الحصاد وخلال التداول ابتداء من المزارع وانتهاء بالمستهلك. ويقدر الفاقد مابين ٥-٢٥% في الدول المتقدمة صناعياً كما يقدر مابين ٢٠-٥٠% وأكثر من ذلك في الدول النامية. وتختلف هذه النسبة حسب انواع المحاصيل البستانية من خضر وفاكهة تبعاً لطبيعة التركيب الوراثي والتشريحي والفسيولوجي. وترجع سرعة تدهور المنتجات البستانية بصفة عامة إلى محتواها الرطوبي المرتفع وسرعة التنفس العالية التي تعرضها لفقد الماء والذبول وفقد المظهر. كما أن تأثير العوامل البيئية بعد الحصاد واثناء النقل والتداول وظروف التخزين وما يصاحبها من التعرض للأضرار الميكانيكية والحشرية والمرضية والفسيولوجية يؤدى إجمالا إلى تدهور الجودة وارتفاع نسبة الفاقد بعد الحصاد.

إن تقليل نسبة الفاقد في الحاصلات البستانية بعد الحصاد ولو بنسبة بسيطة (٥-١٠%) يعادل في جدواه الاقتصادية استصلاح وزراعة مساحات كبيرة تستنزف الكثير من الموارد المائية والاقتصادية.

٤-١ أسباب فواقد ما بعد الحصاد

يوجد العديد من العوامل التي تلعب دوراً في تدهور ثمار الحاصلات البستانية، ويمكن تقسيمها إلى عوامل داخلية وأخرى خارجية.

٤-١-١ عوامل التدهور الداخلية

١. التنفس

يعد التنفس أحد عوامل التدهور الداخلية، وهو عملية حيوية يتم فيها حرق المواد الغذائية المخزنة داخل المنتج البستاني لإنتاج الطاقة اللازمة لإتمام جميع العمليات الحيوية في الخلية.

كما يعد معدل تنفس المنتجات البستانية بعد الحصاد دليلاً مباشراً على مقدرتها التخزينية بعد الحصاد، اذ كلما كان معدل التنفس مرتفعاً كلما زادت سرعة التدهور وكان العمر التسويقي أو التخزيني قصيراً والعكس صحيح. ويوضح جدول (٢) الارتباط الوثيق بين سرعة تدهور المحصول البستاني بعد الحصاد ومعدل التنفس لمجموعة من محاصيل الخضر والفاكهة.

جدول (٢). تقسيم الحاصلات البستانية من حيث سرعة تدهورها بعد الحصاد وارتباط ذلك بمعدل التنفس.

سرعة تدهور المحصول البستاني بعد الحصاد	معدل التنفس ملجم CO_2/ كجم/ ساعة	أمثلة من محاصيل الخضر والفاكهة
بطيء التدهور جداً	أقل من ٥	بقوليات جافة –ثمار –تمور جافة كاملة النضج.
بطئ التدهور	٥–١٠	بصل . ثوم . بطاطس . بطاطا . بنجر . بطيخ . الشمام . تفاح . عنب . موالح . أناناس– تمور (خلال).
متوسط في سرعة التدهور	١٠–٢٠	كرنب . كنتالوب . جزر . فجل بدون أوراق . كوسة . خيار . طماطم . خوخ . مشمش . برقوق . كمثرى . تين . زيتون . مانجو
سريع التدهور	٢٠–٤٠	قرنبيط . فاصوليا ليما . جزر بالأوراق . فجل بالأوراق . خس ورقي.
سريع التدهور جداً	٤٠–٦٠	بصل أخضر . بروكلي . كرنب/ بروكسيل . بامية . فاصوليا خضراء.
فائق السرعة في التدهور	أعلى من ٦٠	فراولة . ذرة سكرية . مشروم / بقدونس . بسلة . سبانخ.

المصدر: (اليتيم، ١٩٩٥).

ويمكن حصر النتائج التي تصاحب ارتفاع معدل تنفس المحصول البستاني في النقاط التالية:

١– فقدان جزء كبير من القيمة الغذائية للمنتج البستاني بعد حصاده.

٢– يؤدي فقدان المكونات الغذائية إلى فقدان النكهة (الطعم والرائحة) المميزة للمحصول وبالتالي انخفاض جودته وتدني سعر تسويقه.

٣– حدوث فقد كمي (انخفاض وزن المنتج).

٤– تؤدي الطاقة الحرارية الحرة (الطاقة الحيوية) المصاحبة لعملية التنفس إلى زيادة سرعة جميع العمليات الحيوية ومنها التنفس ذاته وكذلك سرعة اندفاع المحصول البستاني للدخول في مرحلة الشيخوخة ومايصاحب ذلك من تدني في مستوى الجودة وتنشيط عمليات التدهور مثل التجذير أو التزريع وغيرها.

٥– ترفع الطاقة الحيوية الناتجة من التنفس درجة حرارة المحصول مما يزيد من نشاط الكائنات الحية الدقيقة وبالتالي سرعة انتشار الأمراض الفطرية والبكتيرية وارتفاع نسبة التالف بعد الحصاد.

٦– قصر العمر التسويقي والعمر التخزيني للمحصول بعد الحصاد.

تتفاوت معدلات التنفس للمحاصيل حسب نوع المحصول ودرجة النضج وكذلك ظروف التخزين خاصة درجة الحرارة. فعلى سبيل المثال قاس الحمدان وآخرون (٢٠١٠م) معدل تنفس بلح صنفي البرحي والحلوة ووجدوا أنه زاد بشكل ملحوظ مع زيادة درجة حرارة التخزين من ٥°م إلى ٢٥°م (من متوسط ٢،٥ إلى متوسط ٢٠مل جم ثاني أكسيد الكربون/كجم.ساعة) مما أدى إلى زيادة معدل تدهور تلك الثمار.

٢. الإيثيلين:

الإيثيلين هو هرمون النضج الطبيعي للثمار، وهو أيضاً الهرمون المؤدي إلى الشيخوخة لما له من أثر بالغ في دفع النباتات أو العضو النباتي (الثمرة البستانية) للدخول في طور الشيخوخة. ويعتبر غاز الإيثيلين أحد أهم عوامل تدهور الحاصلات البستانية بعد حصادها لما له من أثر شديد الفعالية ولو بتركيزات ضئيلة جداً. وتزداد معدلات إنتاج الثمار للإيثلين كلما اتجهت نحو اكتمال النمو والنضج وكذلك عند استقرار درجة الحرارة مابين ٢٠–٢٥ ْم وعند الإصابة بالأمراض أو الحشرات.

وتتلخص أعراض التدهور التي يسببها الإيثيلين للمنتجات البستانية فيما يلي:

١– سرعة اندفاع الثمار للشيخوخة.

٢– تقليل العمر التسويقي أو العمر التخزيني للثمار البستانية بعد الحصاد.

٣– خفض جودة الثمار البستانية بعد الحصاد.

٤– سرعة فقدان الكلوروفيل في محاصيل الخضر الورقية أو الثمرية الخضراء.

٥– تليف بعض الثمار البستانية بعد حصادها مثل الباميا والفاصوليا واللفت والفجل والكثير من محاصيل الخضر الورقية والزهرية.

٦– فقدان الثمار لصلابتها وبالتالي صعوبة تداولها عند التسويق.

٧– تزريع درنات البطاطس والأبصال وفصوص الثوم وتجذير البصل أثناء التخزين.

ولتقليل سرعة تدهور الثمار بعد حصادها لابد من خفض معدل تنفسها وكذلك خفض معدل إنتاجها أو حساسيتها لغاز الإيثيلين. ويمكن الوصول إلى ذلك عن طريق الخفض السريع لدرجة حرارة الثمار بعد حصادها (التبريد المبدئي) وتخزينها مبردة على درجة حرارة تناسب المحصول. كذلك يساعد في تقليل معدل نضج الثمار التخزين في غرف ذات نظم جو هوائي معدل أو متحكم فيه مع التخلص الآلي من الإيثيلين وتقليل إنتاجه. وتتفاوت حساسية الثمار لوجود الإيثيلين في أجواء التخزين حسب تقسيمها إلى محاصيل مناخية climatic أو غير مناخية.

٣. الفقد والاكتساب الرطوبي

يؤدي الفقد الرطوبي إلى جفاف نسبي للمنتج مما يؤثر على قيمته التسويقية. ومن ناحية أخرى، فزيادة المحتوى الرطوبي للمحصول إلى مستوى مرتفع يؤدي إلى تعرضه للفساد بسبب نشاط الكائنات الدقيقة وبالتالي خسارة المنتج. ويتأثر معدل فقد الثمار البستانية للماء بعد حصادها بالعديد من العوامل الداخلية الخاصة بالمحصول مثل تركيب الثمار الظاهري أو المورفولجي وتركيبها التشريحي ونسبة وزن الثمار إلى مساحة سطحها. ويزداد معدل فقد الثمار البستانية للماء بزيادة نسبة مساحة سطحها إلى وزنها كما في محاصيل الخضر الورقية والزهرية وكذلك عمر الثمار الفسيولوجي عند الحصاد (الثمار التي تحصد قبل اكتمال نموها أكثر فقداً للماء عن الثمار التي تحصد مكتملة النمو أو ناضجة). وتؤثر العوامل الخارجية أيضاً على معدل فقد الثمار البستانية للماء مثل مستوى الرطوبة النسبية حول الثمار بعد الحصاد وأثناء التخزين وسرعة حركة الهواء حول الثمار والضغط الجوي ودرجة الحرارة وغيرها.

ويمكن التحكم في فقد الثمار البستانية للماء بعد حصادها عن طريق التحكم في الرطوبة النسبية في المخازن بالإضافة إلى تشميع أو تغليف الثمار أو التعبئة في عبوات مبطنة بالأغشية البلاستيكية الرقيقة (البولي إيثيلين) أو بالورق ذو الغشاء المبطن وكذلك بالتحكم في سرعة حركة الهواء حول الثمار بالمخزن واستخدام العبوات المناسبة.

٤. الأضرار الفسيولوجية

تعتبر الأضرار الفسيولوجية أحد عوامل التدهور الداخلية والتي يمكن أن تنشأ من تعريض الثمار لعوامل غير ملائمة قبل أو بعد الحصاد. فمثلاً عدم الاتزان الغذائي قبل الحصاد كنقص عنصر الكالسيوم الذي يؤدي إلى ظهور عفن الطرف الزهري في المانجو. ولذلك فإن الاهتمام بالتغذية بعنصر الكالسيوم قبل الحصاد أو المعاملة به بعد الحصاد يقلل من فرصة تعرض الثمار لمثل هذه الأضرار الفسيولوجية ويزيد من مقدرتها التخزينية.

وتتعرض الثمار البستانية للعديد من الأضرار الفسيولوجية نتيجة سوء ظروف التخزين بعد الحصاد مثل أضرار التجمد وأضرار البرودة وأضرار الحرارة المرتفعة. هذا بالإضافة إلى العديد من الأضرار الفسيولوجية الأخرى التي يسببها عدم اتزان نسب الغازات في الجو الهوائي المحيط بالثمار مثل أضرار نقص الأكسجين والتنفس اللاهوائي (يسبب القلب المجوف في البطاطس) أو زيادة الإيثيلين (التزريع والتجذير للعديد من الحاصلات البستانية).

ولتفادي مثل هذه الأضرار الفسيولوجية يجب أن يبدأ الاهتمام بالمحصول بالعمليات الزراعية قبل الحصاد مروراً بالحصاد والتداول وانتهاء بظروف التداول والإعداد والتخزين المثلى لما بعد الحصاد.

٧-١-٢ عوامل التدهور الخارجية

وتشمل بعض العوامل التي تتعرض لها المنتجات البستانية بعد الحصاد مثل درجة الحرارة والرطوبة النسبية والضوء ونحوها. هذا بالإضافة إلى التعرض للصدمات الميكانيكية والإصابات المرضية. ويمكن بيان ذلك على النحو التالي:

أ- الأضرار الميكانيكية

تتعرض الثمار البستانية أثناء الحصاد والتداول والتعبئة والنقل للتجريح والخدش وربما السقوط من ارتفاعات مختلفة. تؤدي مثل هذه الأضرار الميكانيكية إلى تجرح أسطح الثمار ومن ثم زيادة إنتاج الإيثيلين مما يؤدي إلى تعجيل وصول الثمار إلى الشيخوخة مع تدهور جودتها. ويصاحب ذلك أيضاً ارتفاع في معدل تنفس الثمار وارتفاع في معدل فقدانها لرطوبتها الداخلية. كما تؤدي الأضرار الميكانيكية السطحية إلى إتاحة الفرصة لنمو العديد من الفطريات والبكتريا مما يؤدي إلى زيادة نسبة تعفن الثمار أثناء التسويق أو التخزين وبالتالي ارتفاع نسبة التالف كماً ونوعاً. لذلك يجب العناية بوسائل وطرق النقل وكذلك التصميم المناسب للعبوات وأيضاً طرق تفريغ وتحميل وتداول الثمار.

ب- الإصابات المرضية

تعتبر الإصابات المرضية من أهم عوامل تدهور الحاصلات البستانية بعد حصادها، وتنشأ من نشاط الفطريات والبكتريا خاصة عند ارتفاع نسبة التجريح الميكانيكي وعدم التطهير أو التبريد السريع وعدم العناية بالتخزين المبرد. وهناك أيضاً بعض الأمراض التي يمكن أن تنتج عن مهاجمة بعض الكائنات الحية الدقيقة للثمار البستانية عند التخزين في ظروف بيئية أو عبوات تخزين غير مناسبة مما يؤدي لتهتك أسطح الثمار وتعفنها (شكل ٤). ومن الجدير بالذكر أن مقاومة الثمار البستانية للإصابات المرضية تقل بدرجة كبيرة عند إصابة الثمار ببعض الأضرار الفسيولوجية مثل أضرار البرودة أو لفحة الشمس أو غيرها وكذلك عند تقدم مراحل النضج و الوصول إلى الشيخوخة.

وللوقاية من الإصابات المرضية يجب تقليل التجريح الميكانيكي للثمار لأقل حد ممكن عند الحصاد وأثناء التداول مع تطهير الثمار بأحد المطهرات المسموح بها دولياً وتطهير أدوات الحصاد وأدوات التداول بعد الحصاد. كذلك يجب الحفاظ على سلسلة التبريد المناسبة وظروف التخزين المثلى.





شكل (٤). تأثير ارتفاع درجة حرارة التخزين والرطوبة النسبية ونوع العبوات على نشاط الكائنات الدقيقة المسببة لفساد ثمار الطماطم وتدهورها (السعدون والحمدان، ٢٠٠٤م).

٤-٢ طرق التحكم في تدهور الحاصلات البستانية بعد الحصاد

يمكن تلخيص سبل تقليل فاقد ما بعد الحصاد من المحاصيل البستانية في المعاملات التالية:

١. العناية بعمليات الإنتاج للوصول إلى ثمار عالية الجودة.
٢. تحديد أنسب موعد لقطف الثمار ومرحلة النضج الملائمة وطريقة الحصاد.
٣. وضع برنامج محدد وصارم يلتزم به العاملون بالحصاد وفي عمليات الإعداد والتخزين. ومن ثم جدولة وتوثيق بيانات الحصاد والتداول والتخزين شاملاً الفواقد.
٤. تقليل المدة بين الحصاد والاستهلاك الطازج أو التصنيع.
٥. تقليل الأضرار الميكانيكية للحاصلات البستانية أثناء الجمع والإعداد والتعبئة والتدرج والنقل والتداول.
٦. اختيار العبوات المناسبة والتصميم الجيد لتقليل الأضرار الميكانيكية ولتهوية المنتج.
٧. العناية بعمليات إعداد الثمار من غسيل وتشميع وتدريج وفرز وتعبئة.
٨. إتباع طرق التبريد المبدئي للتخلص من حرارة الحقل بسرعة.
٩. استخدام التبريد أثناء نقل الحاصلات البستانية أو تخزينها.
١٠. التحكم في درجة الحرارة والرطوبة النسبية والتهوية في المخازن كوسيلة أساسية للتحكم في معدل التنفس ومعدل فقد الماء، تقليل تراكم الغازات المختلفة حول الحاصلات البستانية أثناء التخزين.
١١. استخدام المعاملات الإضافية للتبريد مثل المطهرات الفطرية والحرارة العالية والتبخير بالغازات والتشعيع بأشعة جاما والأوزون والأشعة فوق البنفسجية بهدف تقليل أو منع الإصابة بالأمراض الفطرية.
١٢. استخدام الجو الهوائي المتحكم به كوسيلة للتحكم في معدل التنفس وبالتالي تقليل سرعة تدهور بعض الثمار المناسب لها هذه التقنية في حال جدواها الاقتصادية.
١٣. استخدام منظمات النمو في المحافظة على جودة المحاصيل الورقية للتحكم في درجة نضج الثمار.
١٤. استخدام التشعيع بأشعة جاما أو مثبطات النمو لمنع تزريع بعض محاصيل الخضر الدرنية والبصلية والجذرية.

٤-٣ تقديرات الفاقد من منتجات المحاصيل البستانية

يختلف تقدير نسبة الفاقد من محصول لآخر ومن بلد لآخر . ويمكن القول بصفة عامة أن حوالي ٢٥% من منتجات الخضر والفاكهة التي تنتج على مستوى العالم تتعرض للفقد. ترتفع هذه النسبة في الدول النامية (جدول ٣) وتقل في الدول

المتقدمة صناعياً. وتتراوح نسبة الفاقد من الحاصلات البستانية في بعض الدول العربية بين ١٥-٥٠% حسب نوع المحصول ومستوى تطبيق التقنيات الحديثة في مراحل الزراعة والحصاد والتداول والتخزين.

٥- جودة المنتجات البستانية

تمثل الجودة درجة التميز للمنتج من خلال مجموعة من الصفات والخواص التي تعطي كل منتج قيمته وفقاً للغرض المراد منه. ويمكن حصر صفات جودة الحاصلات البستانية في المظهر والقوام والنكهة (وتشمل الطعم والرائحة) والقيمة الغذائية وعوامل الأمان الحيوي (التي تتعلق بصحة وسلامة الإنسان). ويندرج تحت هذه الصفات الرئيسة العديد من العناصر كما هو مبين في الجدول رقم (٤).

جدول (٣) . تقديرات نسبة الفاقد في بعض الحاصلات البستانية.

المحصول	نسبة الفاقد %	المحصول	نسبة الفاقد %
التفاح	١٤	الجزر	٤٤
الحمضيات	٢٠-٩٥	البصل	١٥-٣٥
الموز	٢٠-٨٠	الخس	٦٢
الخوخ	٢٠-٨٠	الطماطم	٥-٥٠
العنب	٢٧	البطاطا الحلوة	٣٥-٩٥
البطاطس	٥-٤٠	الكرنب	٣٧

المصدر: (اليتيم، ١٩٩٥).

جدول (٤). الصفات الرئيسة لجودة الحاصلات البستانية وعناصرها.

صفات الجودة	عناصرها
المظهر	الحجم والوزن والشكل (أبعاد ومعامل استدارة واستطالة واندماج) واللون (عمق وكثافة وانتظام التوزيع) واللمعان والعيوب المظهرية والشكلية والفسيولوجية والمرضية.
القوام	الصلابة والطراوة والغضاضة والعصيرية والتليف والزيتية وعوامل المضغ والتحليل القطاعي للقوام والخواص الميكانيكية الأخرى.
النكهة	الطعم (الحلاوة والمرارة والحموضة والطعم القابض والملوحة) والرائحة العطرية (المميزة لمحاصيل معينة) والرائحة المرغوبة وغيرها.
القيمة الغذائية	نسبة الكربوهيدرات والدهون والبروتينات والفيتامينات والأملاح المعدنية والألياف.
عوامل الأمان الحيوي	السموم الطبيعة والكيماوية والتلوث بالعناصر الثقيلة والإشعاع ونشاط الكائنات الدقيقة.

المصدر: بتصرف من: اليتيم، ١٩٩٥ و Kader, A. , 2002

٥-١ صفات الجودة وطرق قياسها

٥-١-١ المظهر

يعد المظهر من أهم صفات الجودة والذي غالباً مايدل على قيمة السلعة وجاذبيتها. ويمكن الحكم على جودة المظهر من خلال عناصره التالية:

أ- **الحجم**: يتباين حجم الثمرة البستانية حسب نوع المحصول ومرحلة القطف، فمثلاً تفضل الأحجام الصغيرة في بعض المحاصيل الثمرية التي تحصد أثناء تطورها وقبل اكتمال نموها مثل الخيار والكوسة والبامية. وعلى العكس تفضل الأحجام الكبيرة في الثمار التي تحصد مكتملة النمو أو ناضجة مثل البطيخ والفراولة والمانجو والموالح والجوافة وغيرها. وهناك ثمار تفضل أحجامها المتوسطة خاصة للتصدير مثل بعض أنواع الشمام. ويلعب ذوق المستهلك دوراً أساسياً في تحديد الحجم المرغوب للاستهلاك. ولهذا يجب عند الزراعة تحديد الأصناف التي تزرع للاستهلاك المحلي والأصناف التي تزرع بغرض التصدير. ويجب – عند الحصاد – أن يؤخذ في الاعتبار ذوق المستهلك من حيث الحجم المرغوب للثمار.

ب- **الشكل**: يلعب شكل الثمرة البستانية دوراً بارزاً في تحديد جودتها المظهرية. فمثلاً يمكن قياس جودة محصول البصل بمعامل استدارة الأبصال الناتجة وكذلك يحدد اندماج رؤوس القرنبيط و الكرنب والخس درجة جودتها المظهرية. وكما يدل انتظام شكل قرون الفاصوليا على جودة الشكل وبالتالي المظهر.

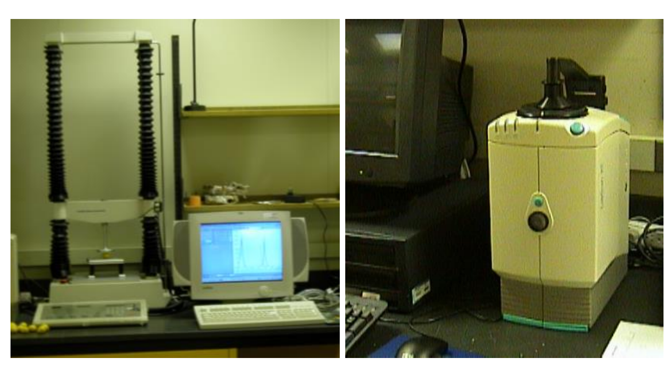
ج- **اللون**: وهو من أهم عناصر المظهر حيث تشكل كثافة وانتظام توزيع لون الثمار قواعد أساسية للحكم على الجودة. وتختلف الثمار في اللون المميز لها حسب المحصول ومرحلة القطف فمثلاً اللون الأخضر وكثافته وانتظام توزيعه دليل هام للغاية على جودة محاصيل الخضر الورقية والثمرية التي تؤكل قبل اكتمال نموها مثل الخيار. ويمكن الاستدلال على ارتفاع قيمة المحصول الغذائي من خلال كثافة اللون المميز له كما هو الحال في الجزر لكون اللون البرتقالي دلالة على ارتفاع المحتوى من الكاروتينات والتي هي أساس تكوين فيتامين أ. ويتم تقدير اللون بطريقة المقارنة مع دلائل الألوان عن طريق انعكاس الضوء، نفاذية الضوء، وتقدير الصبغات المسئولة عن الألوان. ويمكن استخدام مخططات قياسية للون عند عمليات الحصاد والفرز. أيضاً هناك عدد من الأجهزة لقياس اللون للمنتجات البستانية مثل جهاز قياس اللون الموضح في شكل (٥).

د- **اللمعان**: يمكن الاعتماد على درجة اللمعان في تحديد جودة الثمار البستانية حيث أن اختفاء لمعان الثمار عند تسويقها يعني أنها ثمار غير طازجة أو مضى على حصادها وقت طويل أو تم تداولها بعد حصادها بصورة سيئة أو أصيبت ببعض الأضرار الفسيولوجية مثل أضرار البرودة. ويعد اللمعان صفة مميزة للعديد من الثمار مثل التفاح والبطيخ والفلفل والطماطم والباذنجان والموالح حيث تلعب الشموع المغلفة لأسطح الثمار دوراً بارزاً في تحديد درجة لمعان الثمار. ويمكن في بعض التطبيقات إضافة بعض المواد الشمعية الطبيعية التي تزيد من لمعان الثمار كالبرتقال والتفاح.

هـ- **العيوب المظهرية**: يؤدي ظهور بعض العيوب المظهرية على الثمار البستانية إلى انخفاض حاد في جودتها المظهرية ويشمل ذلك العيوب المظهرية الخارجية والداخلية. ولهذا يجب العناية باستبعاد الثمار ذات العيوب المظهرية لأسطح الثمار أثناء عمليات الفرز والتدريج. ويعتبر عامل المظهر أحد بل أهم المعايير التي يمكن الاعتماد عليها في تحديد مرحلة القطف المثلى والمناسبة لغالبية الحاصلات البستانية.

٥-١-٢ القوام

يعد فقدان الثمار لصلابتها دليلاً على نضجها ثم اتجاهها للشيخوخة. وتعتبر عملية تأخير فقدان الثمار لصلابتها أحد مفاتيح النجاح في تداولها وتسويقها وتقليل الفاقد منها بعد الحصاد. ومن المعروف أن فقدان الثمار لصلابتها يعني طراوتها وعدم تحملها للتداول. وتستخدم أجهزة يدوية لقياس الصلابة والتي يعبر عنها بقوة الاختراق للحم الثمرة، وقد تقاس الصلابة بأجهزة معملية أخرى لقياس الصلابة أو القدرة على استعادة الشكل. كما أن من مكونات القوام كلاً من العصيرية والتليف والترمل وعوامل التحليل القطاعي للقوام التي يتم قياسها بجهاز قياس الخواص الميكانيكية (شكل ٥).



شكل (٥). جهاز لقياس اللون (يمين) وجهاز قياس الخواص الميكانيكية (القوام) لاختبارات الكبس والاختراق والقص للتمور (يسار) والتحكم بهما بالحاسب الآلي. (المصدر: الحمدان وحسن، ٢٠٠٣).

٥-١-٣ النكهة

تحتوي ثمار الحاصلات البستانية على مركبات تكسبها نكهة متميزة. وتختلف هذه المركبات من نوع لآخر بل ومن صنف لآخر داخل النوع الواحد. وترجع الرائحة والمرتبطة بحاسة الشم لمركبات عطرية متطايرة أو مخلوطة مثل الإسترات والكحولات والألدهيدات والكيتونات والأيثيرات وبعض المركبات الأخرى التي قد تحتوي على عناصر الكبريت والنتروجين. وتشمل النكهة طعم ورائحة المحصول البستاني وكلاهما يتحكم وبدرجة كبيرة في الجودة. ويمكن توضيح عناصرها في النقاط التالية:

- **الحلاوة**: تعتمد حلاوة الثمار البستانية على محتواها من السكريات الأحادية (خماسية أو سداسية التركيب) والثنائية. ويمكن الاستدلال على محتوى الثمار البستانية من السكريات بالتذوق أو بقياس النسبة المئوية للمواد الصلبة الذائبة أو بقياس السكريات الكلية أو السكريات الذائبة. وفي الكثير من الثمار النباتية يمكن الاعتماد على قياس كمية المواد الصلبة الذائبة (TSS) في تحديد درجة القطف المثلى كما هو الحال في الشمام أو العنب أو غيرها. ويؤدي سوء تداول الثمار بعد حصادها أو سوء تخزينها إلى انخفاض في محتواها من السكر (لكونه المادة الأساسية للتنفس في كل أو غالبية الثمار البستانية) وبالتالي انخفاض في جودتها الأكلية (نكهتها وقيمتها الغذائية). ولهذا يعتبر محتوى الثمار من السكر دليل أساس على درجة جودتها.
- **الحموضة**: ارتفاع حموضة الثمار يعني زيادة محتواها من الأحماض العضوية وبالتالي ارتفاع جودتها وقيمتها الغذائية كما هو الحال في ثمار الموالح. وتلعب نسبة السكر إلى الأحماض دوراً هاماً وحيوياً في تحديد درجة الجودة الخاص بطعم ونكهة المحصول البستاني حيث تعتبر هذه النسبة قياس دقيق لجودة الطعم في بعض الثمار إن لم يكن غالبيتها.

– **المرارة**: وهي أحد عوامل تحديد جودة الطعم حيث تقل جودة المحصول البستاني بارتفاع مرارته مثل تكون الطعم المر في الجزر نتيجة سوء التخزين والتعرض للإيثيلين. ويجب عند الحكم على جودة المحصول البستاني التفريق وبشدة بين الحموضة والمرارة.

–**الطعم القابض**: يرجع الطعم القابض غير المرغوب لبعض ثمار الحاصلات البستانية مثل الموز والكاكي والباذنجان إلى وجود مركبات التانينات في الثمار. ويمكن قياس المواد القابضة في الثمار عن طريق قياس محتواها من التانينات. ويمكن التقليل من الطعم القابض لمثل هذه الثمار بمعاملتها بغاز ثاني أكسيد الكربون أو حفظ الثمار في أكياس بلاستيك رقيقة (بولي إيثلين) ليوم أو يومين قبل استهلاكها.

٥–١–٤ القيمة الغذائية

يعتبر محتوى الثمار من الكربوهيدرات والدهون والبروتينات والفيتامينات والأملاح المعدنية والألياف أحد عوامل تحديد جودة المحصول البستاني بعد الحصاد كما في التالي:

أ– **الكربوهيدرات**: إن ارتفاع محتوى بعض الحاصلات البستانية من السكريات دليل على جودتها مثل ثمار الفاكهة أو ثمار الخضر التي تؤكل ناضجة. ويعتبر محتوى بعض الثمار البستانية الأخرى من النشا مثل البطاطس والبطاطا وغيرها أحد عوامل تحديد جودتها من ناحية قيمتها الغذائية. ويمكن قياس محتوى المحصول البستاني من الكربوهيدرات بقياس محتوى الثمار من السكر وأيضاً من النشا والتي يمكن تقديرها لونياً باستخدام صبغة اليود أو بالتحاليل الكيماوية والتي تشمل تقدير السكريات أو النشا أو التقدير الكامل للكربوهيدرات.

ب– **الدهون**: يعتبر محتوى الثمار من الزيوت أحد عوامل الجودة المحددة للطعم والقيمة الغذائية، كما في الخس الزيتي.

ج– **البروتينات**: تحدد البروتينات والأحماض الأمينية جودة بعض الحاصلات البستانية من ثمار النقل والبقوليات، حيث تزداد جودة هذه المحاصيل بارتفاع محتواها من البروتينات والأحماض الأمينية والتي يمكن الاستدلال عليها بالتقديرات الكيماوية.

د– **الفيتامينات**: تعتبر الحاصلات البستانية أهم مصادر الفيتامينات في غذاء الإنسان. ويعتبر محتوى ثمار الفراولة والموالح والجوافة والفلفل والطماطم من فيتامين ج (C) دليل جودتها كما يعتبر محتوى الجزر من فيتامين أ (A) دليل على جودة الجزر والبطاطا (المحاصيل المحتوية على صبغة الكاروتين).

هـ– **الأملاح المعدنية**: تعتبر الحاصلات البستانية من المصادر الأساسية للعديد من الأملاح والعناصر المعدنية ، ويشمل ذلك عناصر البوتاسيوم والماغنيسوم والكالسيوم والفسفور والحديد وغيرها. ولهذا فإن محتوى الثمار من الأملاح المعدنية والعناصر يعتبر من العوامل التي تميز درجة الجودة من ناحية القيمة الغذائية.

و– **الألياف**: وهي عبارة عن مواد غذائية كربوهيدراتية معقدة التركيب لا يمكن هضمها بأنزيمات الجسم، وهي موجودة في أوراق الخس والجرجير وقشور ثمار التفاح والتمور وغيرها.

٥–١–٥ عوامل الأمان الحيوي

تعتمد عوامل الأمان الحيوي على خلو الحاصلات البستانية من السموم والملوثات المؤثرة على صحة الإنسان ونظافة البيئة. ويعتبر عامل الأمان الحيوي من العوامل المحددة لمدى نجاح تصدير الحاصلات البستانية خاصة مع تزايد القيود الدولية على استخدام الكيماويات والمبيدات في الإنتاج والتداول وتشجيعها على الزراعة العضوية.

ويمكن حصر المواد السامة والملوثات في التالي:

أ- المواد السامة الطبيعية التكوين في الحاصلات البستانية مثل النترات في الخضر الورقية والفاصوليا،الأكسالات في السبانخ، والسولانين في البطاطس.

ب- الملوثات الطبيعية من الأحياء الدقيقة مثل السميات الفطرية والسميات البكتيرية وكذلك وجود العناصر الثقيلة مثل الزئبق والكاديوم والرصاص.

ج- السميات المتولدة من ملوثات الجو ومتبقيات الكيماويات الزراعية مثل الأسمدة والمبيدات.

٥-٢ العوامل المؤثرة على جودة الحاصلات البستانية والتحكم بها

٥-٢-١ العوامل المؤثرة على الجودة

١- **العوامل الوراثية للمحصول:** ومنها اختيار الأصناف والأصول للتطعيم عليها، وكذلك المحاصيل المعدلة وراثياً.

٢- **العوامل البيئية لما قبل الحصاد:** مثل:

- **العوامل الجوية:** من درجة حرارة ورطوبة نسبية وإضاءة ورياح وأمطار وملوثات وغيرها.
- **عوامل زراعية وخدمة:** مثل نوع التربة، التسميد، الوقاية والمكافحة، الري، تغطية التربة، التلقيح، التقليم، الخف، ومرحلة النضج المطلوبة.

٣- **عوامل مرتبطة بالحصاد:** من موعد الحصاد، مرحلة النمو والنضج والعمر الفسيولوجي.

٤- **عوامل مرتبطة بمعاملات ما بعد الحصاد:** ظروف التداول والنقل والتخزين (درجة الحرارة والرطوبة النسبية والتركيب الغازي للجو المحيط بالثمار)، طرق التداول، وحتى وصولها للمستهلك..

٥-٢-٢ التحكم بالجودة وسبل تحسينها

ينبغي تحسين مستوى الإنتاج من الحاصلات البستانية كماً ونوعاً والارتفاع بمستوى الجودة وتقليل نسبة الفاقد والعمل على تطوير طرق التسويق على أسس حديثة تتفق مع التطوير العالمي في مجالات الإنتاج والتجهيز والتداول والتسويق، وتتمشى مع متطلبات الأسواق العالمية والمحلية.

وللارتقاء بالجودة فيحتاج ذلك إلى مراعاة الآتي:

١- العناية باختيار الأصناف المزروعة من كل نوع بحيث تلبي احتياجات الأسواق العالمية والمحلية و تتميز بالجودة العالية والمحصول الوفير ومقاومة عوامل التلف السريع وتلبية طلبات المستهلكين المختلفة.

٢- العناية بعمليات الإنتاج بهدف الوصول إلى ثمار ذات جودة عالية والعمل على تقليل نسبة التلف إلى أقل حد ممكن بكل الوسائل التقنية والاقتصادية المتاحة.

٣- العناية بتحديد موعد الحصاد وطريقته المناسبة لكل محصول للمحافظة على الثمار من التلف وخاصة الإصابات الميكانيكية والعوامل الفسيولوجية.

٤- العناية الفائقة بعبوات الحقل والنقل بما يتناسب مع كل نوع من الثمار وخاصة الثمار الحساسة التي لا تتحمل ظروف النقل والفرز والتداول القاسية (شكل ٦ يمين).

٥- العناية التامة عند الشحن بأن يتم النقل في المواعيد التي تعتدل فيها الحرارة مثل ساعات الليل أو الصباح المبكر مع استخدام وسائل نقل تبريد مناسبة (شكل ٦ يسار) وطرق ممهدة ما أمكن ذلك.

٦- العناية بتوفير وسائل التبريد السريع للتخلص من درجة الحرارة العالية التي اكتسبتها الثمار المقطوفة أثناء وجودها بالمزرعة وذلك لخفض سرعة التنفس والعمليات الحيوية التي تحدث في الثمار، وكذلك العناية بتوفير التخزين المبرد بمراكز التسويق والتصدير بما يحافظ على هذه الثمار من التلف طوال مدة بقائها بهذه المراكز إلى أن يتم شحنها وتسويقها وخاصة الثمار سريعة التلف ذات القيمة الاقتصادية العالية كالفراولة والتمور في مرحلة الرطب. وكذلك تجنب وسائل النقل العشوائية والتي تؤدي لانخفاض جودة المحصول وزيادة نسبة التالف منه.



شكل (٦). مثال لطريقة النقل العشوائية تحت أشعة الشمس المباشرة (يمين) وأخرى في شاحنات مبردة (يسار). (المصدر: تصوير المؤلفين).

٥-٣ مواصفات ومقاييس الجودة

تحدد كل دولة مواصفات لدرجات الجودة Standards of Quality لكل نوع من الحاصلات البستانية. وعادة توضع مواصفات لدرجات جودة تلك المنتجات للاستهلاك الطازج وأخرى بالنسبة للتصنيع، وتشرف على تطبيق هذه المواصفات هيئات رقابة خاصة لحماية المستهلك وتكون حلقة بين المنتج وبائع الجملة أو التجزئة أو بين المنتج والمصنع. وقد قطعت بعض الدول شوطاً كبيراً في تحديد درجات الجودة لمعظم أنواع الحاصلات البستانية سواء للاستهلاك المحلي أو التصدير. وهذا مما شجع المنتجين على بذل الجهد للارتقاء بمستوى جودة المحصول وزيادة كميته، حيث يتجه إقبال شريحة من المستهلكين على شراء الثمار ذات الجودة العالية بالرغم من ارتفاع سعرها.

٦- النضج ودلائل اكتماله

يعتبر النضج أحد الدلائل الهامة المرتبطة بالجودة، كما أنه يرتبط أيضاً بإسلوب التعامل مع الحاصلات البستانية لما بعد الحصاد في عمليات التداول والتخزين والتسويق.

٦-١ تقييم دلائل النضج

أ- التقييم الحسي (الوصفي) : وهو التقييم الذي يقوم به الإنسان عن طريق حواسه المختلفة. هذا التقييم نسبي حيث انه يتأثر بالاختلافات الشخصية بين الأفراد وظروف الشخص نفسه. وقد يكون هناك صعوبة في دقة بياناته والحصول على نفس النتيجة عند تكراره.

ب- التقييم الموضوعي (القياسي): وهو التقييم لصفات المواد الغذائية الذي يتم قياسه عن طريق الأجهزة، وعادة ما يكون أكثر دقة ويمكن تكرار نفس النتائج. إلا أنه مكلف ويناسب محاصيل وتطبيقات محددة.

٦-٢ متطلبات دلائل اكتمال النضج

لابد وأن تكون دلائل اكتمال النضج عند القطف والتداول التي يستخدمها القائم على عملية الحصاد أو مفتش الجودة بسيطة وسهلة التطبيق على مستوى المزرعة أو الحقل، ولا تتطلب أجهزة معقدة أو مكلفة خاصة للمنشئات الصغيرة أوالمتوسطة. كما يجب أن ترتبط بدرجة النضج المطلوبة بحيث يمكن توقع تاريخ النضج أو الحصاد المناسب. ويفضل أن يكون الدليل المستخدم في الحصاد والتدريج على دليل قياسي (بناء على خاصية يمكن قياسها) وتجنب الدليل الوصفي، ولابد أن يكون واضحاً وثابت الارتباط بمواصفات الجودة وفترة صلاحية المنتج. ولقد استخدمت العديد من الدلائل والاختبارات لتحديد درجة نضج ثمار الخضر والفاكهة وصلاحيتها للقطف. وبعض هذه الاختبارات ما هو متلف (هادم للثمرة) أو غير متلف (غير هادم للثمرة). ويبين جدول (٥) أمثلة على هذه الدلائل التي يوصى بها أو يتم تطبيقها لبعض المحاصيل. وهناك أساليب وأجهزة متعددة تستخدم لقياس هذه الدلائل، كما يوضح جدول (٦) وصفاً لهذه الدلائل ونوعها والطرق والاختبارات المستخدمة لها.

٧- حصاد المحاصيل البستانية

تعتمد طريقة الحصاد على الخواص الميكانيكية للثمار وكيفية ارتباطها بالشجرة وقابليتها للميكنة الآلية ودرجة النضج المطلوبة، بالإضافة إلى العوامل الاقتصادية. ويجب أن تكون طريقة الحصاد (اليدوية أو الآلية) تبعاً لدرجة النضج المطلوبة مع تجنب أي خدوش أو أضرار للمنتج. ويتم الحصاد عادة في الصباح الباكر عندما يكون الحمل الحراري للثمار منخفضاً. ويوصى بنقل المنتج مبرداً حال الحصاد. وفي حال عدم توافر وسائل نقل مبردة فيجب الاهتمام بتظليل المنتج عن أشعة الشمس أثناء النقل إلى مستودعات الإعداد.

وتعد عملية الحصاد في المزارع الحديثة عاملاً مهماً لزيادة كفاءة عمليات التداول والتخزين التالية. فمثلاً يمكن عند الحصاد توزيع الثمار إلى عدة مجاميع حسب درجة النضج إما إلى التسويق المباشر أو للتخزين لعدة أيام أو إلى مستودعات التبريد ذات التحكم في نسب الغازات طويلة الأجل. وكذلك الحال بالنسبة لدرجة جودة الثمار فيمكن تقسيم الثمار إلى مجاميع حسب حجم الثمار وانتظام شكلها لتسهيل عمليات الفرز والتدريج اللاحقة. كما يمكن أن تتزامن عملية الحصاد مع عدد من عمليات الإعداد مثل قطع رؤوس الخس ووضعها على آلة تسير حيث يتم تنظيفها وتشذيبها وتعبئتها ومن ثم وضعها في معدات تبريد متنقلة (تبريد مبدئي) حتى وصولها لمستودعات التبريد.

جدول (٥). دلائل نضج المحاصيل البستانية.

دلائل النضج	أمثلة للمحاصيل التي تنطبق عليها
١- عدد الأيام من التزهير الكامل إلى الحصاد	التفاح والكمثرى
٢- متوسط الوحدات الحرارية خلال موسم النمو	الكمثرى، التفاح، الذرة السكرية
٣- تكوين طبقة انفصال	بعض القرعيات، التفاح
٤- الشكل الظاهري لسطح الثمار وتركيبه	تكوين الشبكة في قشر بعض القرعيات. تكوين الشمع والمظهر اللامع في بعض المحاصيل.
٥- الحجم	كل ثمار الفاكهة وبعض محاصيل الخضر
٦- الكثافة النوعية	البطيخ، البطاطس
٧- الشكل	التضليع في ثمار الموز، تكوين الاكتاف في المانجو، امتلاء أقراص البروكلي والقرنبيط.
٨- الامتلاء	الخس، الكرنب
٩- خواص القوام	
أ- الصلابة	التفاح، الكمثرى، الفواكه ذات النواة الحجرية مثل الخوخ والتمور.
ب- الغضاضة . الطراوة	البسلة
١٠- اللون	
أ- اللون الخارجي	كل ثمار الفواكه ومعظم محاصيل الخضر
ب- اللون الداخلي والقوام	لون اللحم في بعض الثمار كالمشمش والشمام/ تكوين طبقة شبيهة بالجيلى في الطماطم
١١- عوامل خاصة بالتركيب الكيماوي	
أ- محتوى النشا	تفاح وكمثرى
ب- محتوى السكريات	تفاح، نواة فواكه حجرية، وعنب
ج- الحموضة ونسبة السكر/ الحمض	رمان، موالح، قرعيات، وكيوى
د- محتوى العصير	موالح
هـ- محتوى الزيت	أفوكادو، زيتون.

المصدر: بتصرف من: Kader, A. , 2002

جدول (٦) طرق تقدير دلائل النضج والأجهزة والاختبارات المستخدمة.

الدليل المستخدم	طريقة التقدير	وصفية	قياسية	متلفة للثمرة	غير متلفة للثمر
١- الفترة من التزهير الكامل	حساب الفترة بالأيام.		√		√
٢- متوسط الوحدات الحرارية	حساب الوحدات الحرارية.		√		√
٣- تكوين طبقة انفصال	بالنظر أو قياس الفترة اللازمة للفصل.	√	√		√
٤- تركيب سطح الثمرة	بالنظر.	√			√
٥- الحجم	أدوات مختلفة لقياس الحجم.		√		√
٦- الوزن	استخدام الموازاين المناسبة		√		√
٧- الكثافة النسبية	استخدام المخابير أو ميزان المنصة أو غيرها.		√		√
٨- الشكل	قياس الأبعاد ونسبها	√	√		√
٩-الامتلاء	اللمس، الكثافة، أشعة جاما أو إكس	√	√		√
١٠-خواص القوام					
أ- الصلابة	جهاز الصلابة . قياسات التشكل		√	√	
ب . التليف	مقياس القوام، مقياس التليف، الطرق الكيماوية لتقدير السكريات العديدة		√	√	
١١- اللون					
أ- الخارجي	طرق تقدير اللون بالعين . دلائل ألوان وطرق انعكاس الضوء بالأجهزة	√	√		√
ب- اللون الداخلي	طرق قياس نفاذية وانبعاث الضوء		√		√
١٢- التركيب الداخلي	طرق قياس نفاذية الضوء . انبعاث الضوء . تقدير بالنظر	√		√	
١٣- عوامل التركيب الكيماوي					
أ-محتوى النشا	اختبار النشا . الطرق الكيماوية		√	√	
ب-محتوى السكريات	الرفراكتومتر اليدوي . الطرق الكيماوية		√	√	
ج-محتوى الحموضة	المعايرة . الطرق الكيماوية		√	√	
د-محتوى العصير	الاستخلاص . الطرق الكيماوية		√	√	
هـ-محتوى الزيت	الاستخلاص . الطرق الكيماوية		√	√	
و-التانينات	اختبارات كيماوية (Ferric chloride وغيرها)		√	√	
ز-الإيثيلين الداخلي للثمار	الكروماتوجراف الغازي		√	√	

المصدر: بتصرف من: Kader, A. , 2002

٨- التداول والتجهيز والتعبئة

تعد عمليات تداول المحاصيل البستانية من الخطوات الهامة للحفاظ على جودتها وإطالة فترة صلاحيتها. وتتحدد عمليات التداول حسب نوع وطبيعة المنتج والجوانب الاقتصادية وحجم المنشأة والتقانات المتوافرة والكفاءة التشغيلية وغيرها. ويبين شكل (٧) أهم خطوات التداول وإعداد وتخزين المحاصيل البستانية بدءاً من الحصاد وحتى التسويق. ويراعي في جميع عمليات التداول تجنب الخدش والتشوهات الميكانيكية للثمار باختيار العبوات ووسائل النقل المناسبة، إضافة إلى تجنب الاهتزازات القوية أثناء السير وسقوط أو ارتطام الصناديق أو الطبليات أثناء السير أو التحميل أو التنزيل.

وعادة تتم عمليات تداول وتجهيز المحاصيل البستانية في بيوت الإعداد داخل المزرعة وهي عبارة عن أماكن مخصصة لإجراء عدد من العمليات التحضيرية للمنتجات البستانية تمهيداً لتسويقها مباشرة أو تهيئتها للتخزين. فتهدف هذه البيوت إلى توفير بيئة عمل أفضل لعمليات الفرز والتدريج والتنظيف والتقطيع والتجفيف وأي معاملات أخرى ومن ثم التعبئة وذلك لراحة العامل من ناحية ولحماية المنتج من التعرض للظروف الجوية غير المناسبة لفترة طويلة من ناحية أخرى. وعادة تبنى هذه البيوت من هياكل إنشائية مصنوعة من الطوب أو الخشب ومسقفة إما بالخرسانة أو الصاج أو الصاج المزدوج بداخله طبقة من العوازل الحرارية للحماية من الأمطار ومن الحرارة الخارجية. وقد تزود بوسائل للتبريد أو التدفئة. وقد يتم إنشاء مستودعات للتبريد أو التجميد قريبة من هذه الصالات وذلك لتخزين وحفظ المنتج حسب حجم المنشأة و الخطة التسويقية للمحصول. ولكن يوصى بأن تتكون منشئات الإعداد مشتركة بين عدد من المزارعين عبر جمعية تعاونية أو غير ذلك لخفض التكاليف على المزارع وكذلك لتتولى جهة متخصصة الإشراف على العمليات الفنية.

وفيما يلي استعراض لأهم عمليات التداول متضمناً المعاملات المطبقة لبعض المحاصيل البستانية.

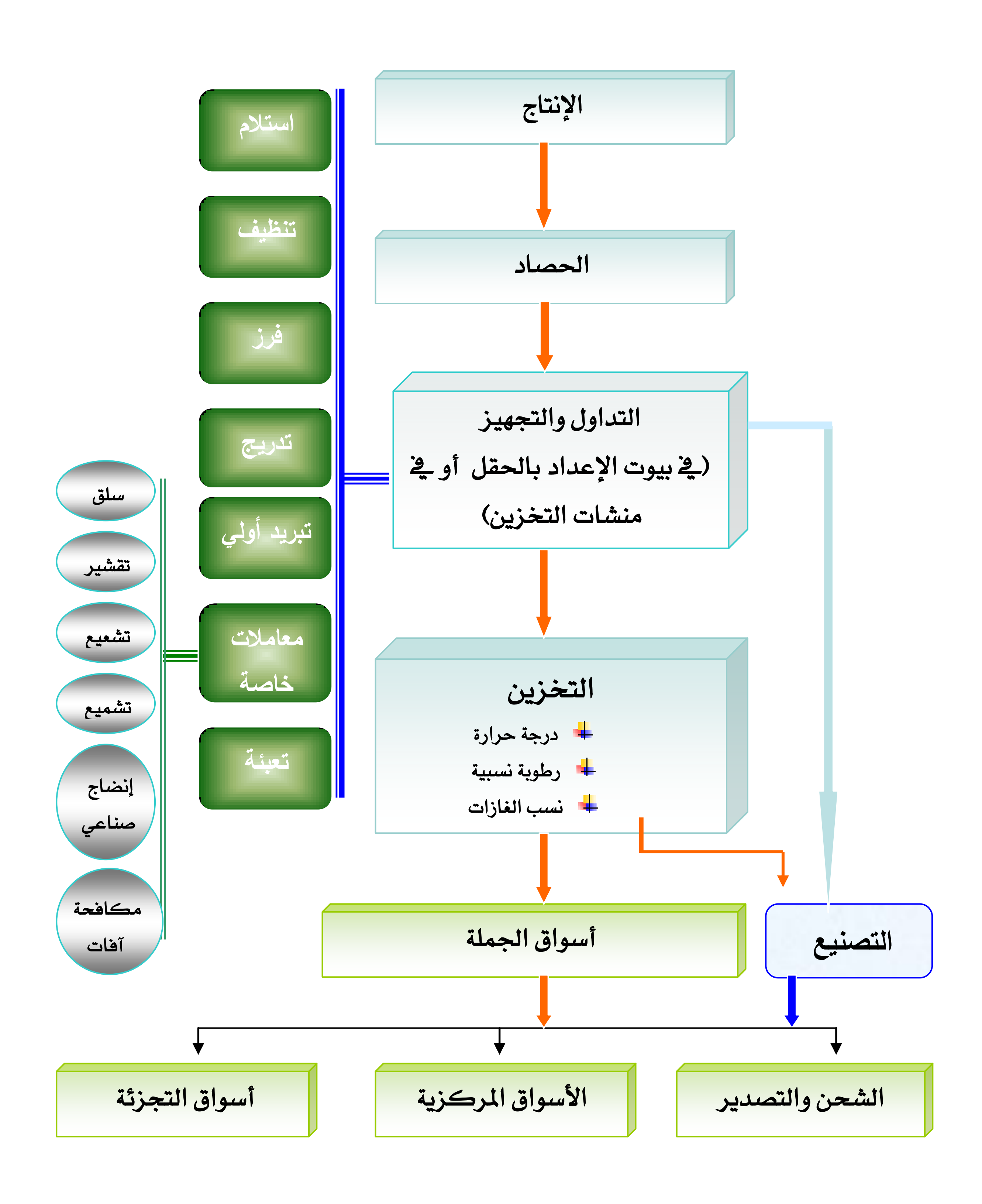
٨-١ الاستلام والفحص المبدئي: يتم عمل فحص عام على المنتجات البستانية وتقييمها بناء على مطابقتها للمواصفات المتفق عليها. ويلي ذلك تسجيل البيانات الخاصة بالمنتج مثل الوزن وعدد الصناديق أو الطبليات.

٨-٢ تفريغ المنتج في بيوت التعبئة: يتم تفريغ المنتجات البستانية من وسائط النقل وذلك على طاولات أو سيور إما يدوياً أو آلياً. ويعتمد اختيار طريقة التفريغ على عدد من العوامل منها مدى قابلية المنتج لحدوث جروح وتشوهات ورضوض، مسامية المنتج، درجة النضج، حجم المنتج، بالإضافة لتوافر التقنية المناسبة والتكلفة الاقتصادية للعمالة والآليات (شكل ٨).

٨-٣ الفرز الأولي: يهدف الفرز الأولي إلى التخلص من الثمار ذات الحجم غير المناسب للتعبئة والتسويق التجاري وذلك لتقليل حجم العمليات التي تجرى بعد ذلك للثمار لتوفير الوقت والجهد والمواد المضافة. كما يمكن التخلص من الأوراق أو الساق والجذور غير المرغوبة والثمار المعطوبة والمصابة لتجنب تأثيرها السلبي على الثمار الأخرى.

٨-٤ التنظيف: يمكن إجراء التنظيف على مرحلتين: مرحلة أولية في الحقل وأخرى قبل الخزن التسويقي، ويتم فيها إزالة الأتربة والمواد الملتصقة مع المنتجات وذلك باستخدام الماء المطهر أو الفرش أو كليهما معا ومن ثم التجفيف بالهواء (شكل ٩).

٨-٥ الفرز النهائي والتدريج: ويتم الفرز النهائي قبل التخزين حيث تستبعد الثمار غير الناضجة وذات العيوب. كما يتم تدريج المنتج إلى عدة مجاميع حسب اللون أو الحجم (شكل ١٠) أو درجة النضج يدوياً أو آلياً.



شكل (٧). أهم خطوات تداول وتجهيز وتخزين وتسويق المحاصيل البستانية.

المصدر: المؤلفان.

٨-٦ التبريد الأولي (المبدئي): من المعلوم أن عدم تبريد المنتج مباشرة بعد الحصاد يعجل من تدهوره وانخفاض جودته وزيادة الفاقد منه. ولكون المحصول بعد حصاده مباشرة يكون على درجة حرارة الحقل العالية فيجب التخلص من هذه الحرارة مباشرة بعد القطف في فترة زمنية قصيرة (لا تتجاوز عدة ساعات). وحسب المحصول وحساسيته للحرارة العالية وكذلك توافر الإمكانيات يمكن عمل التبريد الأولي إما في الحقل أو أثناء النقل أو في بيوت الإعداد.



شكل (٨). مراحل تداول وتعبئة الفواكه داخل بيوت التعبئة لشركة تبوك للتنمية الزراعية. (المصدر: تصوير المؤلفين).



شكل (٩). تنظيف الطماطم بالغسل برذاذ الماء (يمين) وبعدها التجفيف لإزالة الرطوبة الزائدة من سطح الثمار (يسار). (المصدر: تصوير المؤلفين).





شكل (١٠). تدريج ثمار الطماطم آلياً حسب اللون (الصورة الأعلى) وتدريج التمور حسب الحجم والشكل (الصورة أسفل يمين لآلة الأصابع المنفرجة، بينما أسفل يسار لآلة التدريج الدورانية). (المصدر: تصوير المؤلفين)

ويتم اختيار طرق التبريد الأولي حسب نوع المحصول وكفاءة التبريد والجوانب الاقتصادية. فمثلاً مجموعة المحاصيل التي لا تتأثر قشرتها بالبلل (مثل الخضر الورقية والبطاطس والتمور في مرحلة نضج الخلال(البسر أو البلح) يناسبها التبريد بالماء أو الهواء البارد. أما مجموعة المحاصيل التي تتأثر قشرتها بالبلل (مثل البصل والثوم) فيقتصر على التبريد بالهواء. ولتقدير الفترة الزمنية للتبريد فيمكن استخدام مصطلح "نصف الوقت التبريدي" والذي يحسب على أنه الزمن اللازم لوصول المحصول إلى متوسط درجة حرارة المحصول الابتدائية ودرجة حرارة وسط التبريد. ويعتمد هذا الزمن على عوامل عديدة منها معامل انتقال الحرارة السطحي وطبيعة وسط التبريد وسرعته بالإضافة إلى خواص المنتج الطبيعية والحرارية. فمثلاً عند استخدام الماء البارد فإن زمن التبريد الذي تستغرقه درنات البطاطس عشر دقائق فقط بينما يزيد إلى نصف ساعة أو أكثر في حال استخدام الهواء البارد.

ويوجد العديد من طرق التبريد الأولى، منها:

١) **الغرف الباردة**: حيث تعبأ المحاصيل في عبوات مثقبة وتوضع في غرف ذات درجات حرارة منخفضة. إلا أن هذه الطريقة بطيئة حيث يستغرق نصف الوقت التبريدي للمحاصيل بشكل عام أربع وعشرون ساعة.

٢) **التبريد بالثلج المجروش**: يتم بوضع الثلج المجروش إما فوق شحنات عبوات المنتج أو بين طبقات المحصول. وتعتبر الطريقة الثانية أفضل مع المحاصيل التي لا تتأثر بالبلل. لكنها من جانب آخر قد تؤدي إلى تعرض أنواع الثمار الحساسة لأضرار التبريد السريع.

٣) **التبريد بالهواء البارد المدفوع**: وهي من الطرق الرئيسة الفعالة والسريعة في تبريد المحاصيل (شكل ١١). وتتم بوضع الثمار في عبوات يوجد بها فتحات داخل غرفة مبردة ومن ثم يتم تشغيل مراوح شفط تعمل على سحب الهواء من داخل العبوات إلى خارج الغرفة ويحل مكانه الهواء المبرد. وتستمر العملية على هذا النحو حتى الوصول إلى درجة الحرارة المطلوبة. وعادة يتم التحكم في الرطوبة النسبية للهواء بضخ رذاذ الماء لزيادة الرطوبة النسبية للجو المحيط وبالتالي تقليل الفقد الرطوبي من المنتج.

٤) **التبريد تحت تفريغ**: *وتعتمد* هذه الطريقة على أنه عند تعريض المنتج لتفريغ الهواء يؤدي ذلك إلى انخفاض الضغط الجوي وبالتالي زيادة سرعة تبخر الماء من المنتج ساحبا الحرارة. إلا أنه من عيوب هذه الطريقة فقد المنتج لجزء من محتواه الرطوبي وكذلك التكلفة العالية نسبياً.



شكل (١١) غرف التبريد المبدئي وتظهر مراوح الهواء البارد المدفوع للتوزيع المنتظم لدرجة الحرارة بين عبوات المنتجات البستانية.
(المصدر: تصوير المؤلفين).

وهناك عدد من الإرشادات الخاصة بالتبريد المبدئي للمحافظة على جودة الحصول، ومنها:

١- ينصح بالحصاد في الصباح الباكر حتى تكون درجة حرارة المحصول أدنى ما يمكن حيث أن التبريد المبدئي يجري للتخلص من حرارة المحصول الحقلية.

٢- الاقتصار على نقل المحاصيل في شاحنات مبردة لا يعتبر تبريداً مبدئياً بالضرورة حيث أن تلك الشاحنات قد لا تصل لدرجة الحرارة المناسبة للمحصول لمحدودية قدرتها التبريدية.

٣- يتبع لكل محصول طريقة تبريد مبدئي مناسبة (راجع جدولي ٦ و٧ لطريقة التبريد السريع الموصى بها لعدد من المحاصيل).

٤- تستخدم طرق التبريد بالثلج المجروش أو الماء البارد فقط للمحاصيل التي لا تتأثر بالبلل.

٥- يجب أن لا تزيد الفترة بين الحصاد والتبريد المبدئي عن ٢-٣ ساعات.

٦- يوصى بتعقيم مياه التبريد الملامسة للمحصول لتجنب تلوث المحاصيل بالميكروبات وغيرها.

٧- يجب شحن المحاصيل شحناً مبرداً أو تخزينها في مخازن مبردة مباشرة بعد إجراء عملية التبريد المبدئي.

٨- تتميز طريقة التبريد المبدئي بالماء المثلج بسرعتها بينما طريقة التبريد بالهواء البارد المدفوع بمناسبتها لمحاصيل معينة قد لا تفيد معها الطرق الأخرى.

٩- ضرورة الحفاظ على درجة الحرارة المناسبة طوال خطوات التبريد لتجنب تدهور جودة المنتج. فأي نقطة ضعف في هذا النظام التبريدي تعتبر عامل قوي في فقد المحصول.

٨-٧ معاملات خاصة للمنتج

يوصى بإتباع العديد من المعاملات للمحافظة على أعلى جودة ممكنة للمنتج. تشمل هذه المعاملات التنظيف والتقشير والسلق والتشميع ومنظمات النمو ومانعات التبرعم ومكافحة الحشرات والتشعيع والغمر في محلول الكالسيوم ومانعات التجرح وتسريع النضج. ويعتمد تطبيق هذه المعاملات على مناسبتها للمحصول والعائد الاقتصادي. وسيتم استعراض بعض هذه المعاملات على النحو التالي:

أ- **التشميع**: يتم استخدام التشميع بشكل كبير في بعض الفواكه حيث تغطى بطبقة شفافة من الشمع للحفاظ على مظهرها ولونها وتقليل فقدها للرطوبة، وكذلك لخفض العمليات الحيوية لها مثل التنفس وبالتالي إطالة فترة حفظها لعدة أسابيع أو أكثر. وتتم عملية التشميع إما بمرور الثمار تحت رشاش شمعي أو مرور الثمار على اسطوانات خشبية ذات فرشات في حوض مملوء بالشمع.

ب- **التقشير**: يتم تقشير بعض الخضار الطازجة لإزالة الأجزاء الورقية المهشمة أو المصابة كما في الكرنب والخس والبصل أو إزالة الطبقة الجلدية غير المرغوبة والتي قد تؤثر على قيمتها الغذائية كما في البطاطس،.

ج- **السلق**: ويتم ذلك للخضروات المراد تجميدها (مثل البازلاء والذرة) وكذلك التمر في مرحلة نضج الخلال (شكل ١٢) بهدف تثبيط نشاط الإنزيمات للمنتجات المجمدة. ويتم ذلك بغمر المنتج في ماء ساخن تتفاوت درجة الحرارة وفترة الغمر حسب نوع المحصول وطبيعة الإنزيمات المرتبطة به.



شكل (١٢). عملية سلق بلح البرحي في ماء ساخن (٨٠°م لمدة ٩٠ ثانية) قبل عملية التجميد.
(المصدر: الحمدان وآخرون، ٢٠٠٧).

٨-٨ الإنضاج الصناعي

تحتاج بعض الثمار إلى عملية الإنضاج الصناعي لجعلها صالحة للاستهلاك في وقت مبكر وتوفيرها قبل موسمها، وفي بعض الأحيان لتفادي الظروف الجوية الغير ملائمة. وتستخدم وسائل متعددة في الإنضاج الصناعي للثمار، تعتمد أساساً على استخدام الغازات الهيدروكربونية وأهمها غاز الإيثيلين أو استخدام منظمات نمو أو التخزين في درجة حرارة ورطوبة مناسبة لتسريع الإنضاج. وغالباً ما ينحصر تأثير هذه المواد على تنشيط العمليات الحيوية المختلفة في الثمار وبالذات تنشيط وتشجيع تكوين الإيثيلين داخل الثمار. وهذا ما يسرع من دخول الثمار في مرحلة النضج والتي من أهم علاماتها تلاشي الكلوروفيل وانخفاض الصلابة وظهور اللون المميز وتغير الطعم والحلاوة والنكهة، بالإضافة إلى التغيرات الأخرى التي تجعل الثمار أكثر مناسبة للاستهلاك.

٨-٨-١ أهداف الإنضاج الصناعي

من أهم أهداف قطف الثمار قبل الوصول لمرحلة النضج ومن ثم عمل الإنضاج الصناعي ما يلي:

١- زيادة قدرة الثمار على تحمل عملية التداول والنقل: إذ أن الثمار الخضراء غير مكتملة النمو تتحمل عمليات التداول المختلفة بعد الحصاد وأثناء النقل والإعداد والتعبئة بشكل أكبر من الثمار الناضجة. ولذلك فإنه من الأجدى قطف الثمار قبل مرحلة اكتمال النمو وإجراء عملية الإنضاج الصناعي، كما يتبع في بعض الثمار مثل الطماطم والموز والمانجو عند شحنها لمسافات بعيدة.

٢- إمكانية حصاد الثمار ميكانيكياً أو آلياً: عند قطف الثمار ميكانيكاً أو آلياً مثل ثمار الطماطم فإن عملية الجمع تتم مرة واحدة. ومن المعروف أن نضج الثمار لايتم في وقت واحد (ولذلك فإنه يتم الجمع الطبيعي عدة مرات حسب موعد نضج الثمار)، مما يترتب عليه أن الثمار المجموعة تكون في درجات نضج مختلفة. وعلى ذلك يمكن فرز الثمار مكتملة النمو عن تلك غير الناضجة ومن ثم إنضاجها صناعياً، وهذا ما قد يطبق على ثمار الطماطم التي يتم جمعها آلياً.

٣- التسويق المبكر: يمكن جمع الثمار غير الناضجة مبكراً وإنضاجها صناعياً، ويترتب على ذلك تبكير نضجها ووصولها إلى مرحلة نضج مناسبة للاستهلاك، وبالتالي يمكن تسويقها في وقت مبكر بأسعار مرتفعة مما يزيد العائد الاقتصادي للمحصول المبكر مثل الموز.

٤- تنظيم عمليات التسويق : من المعروف أن زيادة العرض من منتج معين يؤدي إلى خفض أسعاره. ويمكن تخزين الثمار وإخراجها من المخزن وهي خضراء في الوقت المناسب ويجري عليها الإنضاج الصناعي وإنزالها للأسواق مما يترتب عليه المحافظة على السعر المناسب للمحصول.

٥- تحسين صفات جودة الثمار: وذلك عند مقارنة ثمار الموز الناضجة على نباتات الموز مع الثمار التي يتم إنضاجها صناعياً فإن الأخيرة تتميز بجودتها العالية مثل صفات الطعم واللون والرائحة والنكهة.

٦- إزالة القشرة الخارجية لثمار النقل: يستخدم الإيثيلين بنجاح في فصل القشرة الخارجية عن ثمار الجوز.

٨-٨-٢ طرق الإنضاج الصناعي

تستخدم العديد من طرق الإنضاج الصناعي، ومن أهمها:

١- استخدام درجة حرارة ورطوبة نسبية محددة للإنضاج: وتستخدم لإنضاج بعض أنواع الثمار حيث يمكن التحكم في درجة حرارة الغرفة مابين ٢٠-٢٥° م والرطوبة النسبية في حدود ٨٥-٩٠٪، وتختلف المدة اللازمة للإنضاج حسب

نوع الثمار. وتستخدم غرف الإنضاج بكثرة في ثمار الطماطم المقطوفة في مرحلة اكتمال النمو، كما تستخدم لإنضاج الموز. والأساس العلمي لهذه الطريقة هو أن الحرارة والرطوبة النسبية المرتفعة تسرع من العمليات الحيوية المختلفة في الثمار ومن معدل إنتاج غاز الإيثيلين المسئول عن إنضاج الثمار.

٢- استخدام غاز الإيثيلين: غاز الإيثيلين سهل الاستخدام وأكثر أماناً، والأفضل من الناحية التطبيقية، ويستخدم غاز الإيثيلين على العديد من الثمار مثل الموز والكمثرى والبرتقال والليمون والطماطم.

٣- الإنضاج بالإيثيريل: ويستخدم مركب الإيثيريل وهو عبارة عن محلول يتم غمس الثمار فيه قبل تعبئتها وغالباً ما يتم استخدام تركيز ١٠٠٠ جزء/ مليون (في حالة الموز). ويراعى ضبط درجة الأس الهيدروجيني (pH) من ٥ إلى ٦ باستخدام حمض الهيدروكلوريك المخفف. وتحفظ الثمار بعد معاملتها معبأة داخل الصناديق في المخازن المبردة (عند ١٦ °م). ويراعى كذلك أن تكون الرطوبة النسبية في غرف الإنضاج حوالي ٩٠-٩٥% مع تهوية الغرف أو المخازن يومياً. ويتم التسويق بعد ٤-٥ أيام من المعاملة.

٨-٩ التعبئة

تعد التعبئة مرحلة مهمة في عملية تسويق وتوزيع المنتجات البستانية، إذ تساعد العبوات على حماية المنتجات من الضرر أثناء التداول وتحفظ شكلها وقوامها من التشوهات. وقد صمم كثير من هذه العبوات ليسهل عملية التبريد المبدئي بحيث يمر الهواء البارد بين وداخل العبوات. لذا يوصى أن تكون العبوات مثقبة للمساعدة في التخلص من الحرارة العالية والرطوبة الزائدة من المحاصيل أثناء النقل والتخزين. ولا بد أن تتحمل العبوات الإجهادات الميكانيكية والحرارية أثناء التوزيع وأن تكون ذات تصميم مناسب للمستهلك.

تتم التعبئة يدوياً أو آلياً حسب نوع المنتج وحجم المنشأة والجدوى الاقتصادية. وتتنوع العبوات من حيث نوع وسمك المادة المستخدمة وكذلك شكلها وسعتها (شكل ١٣). كما أن العبوات الأولية (المتلامسة مع الثمار) قد تبطن بمواد بلاستيكية أو ورقية سميكة. ومن ثم يمكن رصها داخل عبوات ثانوية (لا تتلامس مع الثمار).



شكل (١٣). بعض العبوات الكرتونية والخشبية والبلاستيكية المستخدمة لبعض المحاصيل البستانية.

(المصدر: تصوير المؤلفين و http://www.alternativeconsumer.com).

٩- التخزين

يهدف تخزين المنتجات البستانية إلى إطالة فترة صلاحية المنتج والمحافظة على جودته وبالتالي الحصول على أسعار تسويقية مناسبة. ويتم ذلك عبر توفير ظروف التخزين الملائمة من درجة الحرارة والرطوبة النسبية ونسب الغازات الأخرى والحماية

من الحشرات والآفات. وتتعدد الطرق المتبعة في تخزين الحاصلات البستانية حسب عوامل كثيرة منها نوع الثمار ودرجة نضجها وموسميتها والخطة التسويقية وتكاليف عملية التخزين وغير ذلك.

٩-١ مواصفات منشآت التخزين ومستودعات التبريد

تتوافر العديد من التصاميم الهندسية لمخازن التبريد والتي يتوجب أخذها في الاعتبار ليس هنا محل تفصيلها. وعادة تقوم شركات متخصصة بتصميم وإنشاء مستودعات التبريد لتناسب المحاصيل المراد تخزينها. يبين شكل (١٤) مستودعات تبريد حديثة مقسمة إلى عدة غرف تبريد يمكن التحكم في درجة الحرارة والرطوبة النسبية لكل منها آلياً. ويوصى أن تكون غرف التبريد داخل منشئات مغطاة لتقليل تأثير الظروف الخارجية على معدلات انتقال الحرارة لداخل المخزن. وتعتبر الغرف المربعة أو المكعبة ذات كفاءة حرارية أعلى من المستطيلة الشكل لصغر المساحة المعرضة لوحدة حجم حيز التخزين ولكنها قد تكون أكثر صعوبة من جانب سهولة الحركة داخلها. ويجدر هنا التأكيد على أهمية توافر مولدات كهربائية احتياطية عند انقطاع الكهرباء العامة. ومن مواصفات المخازن أن تكون ذات عزل حراري مناسب للتقليل من الفقد في درجة الحرارة وكذلك لابد من توفر أجهزة توزيع الهواء داخلها لضمان أن تكون درجة الحرارة في داخل الغرف متجانسة بقدر الإمكان. ويوصى بوضع حساسات درجة الحرارة على ارتفاع مناسب من أرضية الغرفة بحيث لا يكون قريباً من الباب أو مصدر حراري. ويتعين قياس درجة الحرارة داخل المخزن في عدة نقاط للتأكد من تجانس درجة الحرارة وكذلك معايرة حساسات درجة الحرارة والتأكد من دقة وضبط جهاز التحكم في درجة الحرارة. ولحساب الحمل التبريدي هناك العديد من العوامل التي يجب أخذها في الاعتبار مثل نوع وطبيعة المنتج وخصائصه الحرارية (الحرارة النوعية ومعامل التوصيل الحراري) درجة حرارة المنتج الحقلية، درجة حرارة التخزين المناسبة، طرق التبريد الميكانيكي، ونوعية منشئات المخازن خاصة الجدران والأبواب.

وفي حالات محدودية توافر المخازن المبردة فيمكن استخدام وسائل أخرى مؤقتة للتقلبل من تأثير درجة الحرارة على الحاصلات البستانية، ومنها ترك بعض ثمار الفاكهة على الأشجار حتى تتحسن قيمتها السوقية، أو التخزين في التربة كما في البطاطس أو بحفظ المحصول في مكان ظليل جيد التهوية لفترة قصيرة أو باستخدام أنظمة تبريد تبخيري في المناطق الجافة. وأمكن تحسين أداء نظم التبريد التبخيري لتخزين بعض المحاصيل مثل التمور والبطاطس وذلك بالتحكم الآلي في كل من درجة الحرارة والرطوبة النسبية للهواء الداخل للمخازن (الهلال والحمدان، ٢٠٠٦م).





شكل (١٤). غرف تبريد حديثة (يمين) وجهاز الترذيذ بالماء يعمل بالتحكم الآلي لزيادة الرطوبة النسبية داخل المخزن (يسار).
(المصدر: تصوير المؤلفين).

٩–٢ ظروف التخزين

من أهم ظروف التخزين البيئية المؤثرة على جودة المنتجات البستانية ما يلي:

٩–٢–١ درجة الحرارة

تعتبر درجة الحرارة من أهم العوامل البيئية المؤثرة على جودة المنتج المخزن ومعدل تدهوره. ومن المتعارف عليه أن كل زيادة مقدارها ١٠°م عن درجة الحرارة المناسبة لتخزين المنتج تؤدي إلى تسريع التدهور بمقدار الضعفين إلى ثلاثة أضعاف. فتؤدي درجة الحرارة غير الملائمة للمنتج إلى عدد من التحولات الحيوية غير المرغوبة، فهي تؤثر على مقدار إنتاج الإيثيلين وثاني أكسيد الكربون واستهلاك الأكسجين. كما أن النشاط الميكروبي حساس جداً لدرجة الحرارة والرطوبة النسبية للمخزن. وعليه، فخفض درجة حرارة المنتج يساعد في إطالة فترة صلاحية المنتج من جانبين؛ الأول تقليل نشاط العمليات الحيوية التي تحدث بعد الحصاد خاصة التنفس والآخر تثبيط النشاط الميكروبي والآفات الأخرى المسببة للفساد خاصة إذا كان التخزين لفترات طويلة نسبياً. وتتفاوت درجة حرارة التخزين الملائمة للمنتجات حسب التركيب الفسيولوجي لكل محصول وبشكل عام تتراوح درجة الحرارة المناسبة من صفر إلى ١٥ °م حسب عدد من العوامل أهمها نوع المحصول ومرحلة النضج. ويعطي جدولا ٧ و٨ درجات الحرارة المناسبة لتخزين أهم الفواكه والخضر. ويجدر التنويه إلى أنه قد يكون هناك تفاوت في ظروف التخزين المناسبة بين الأصناف المختلفة لمحصول معين، وهذا يتضح في أصناف التفاح حيث أن بعضها حساس لأضرار البرودة بينما الأخرى تتحمل انخفاض درجة الحرارة لما قبل نقطة التجمد وغير ذلك.

٩–٢–٢ الرطوبة النسبية

يعتمد مقدار الفقد أو الاكتساب الرطوبي للخضروات والفواكه على فرق ضغط بخار الماء بين المنتج وبيئة التخزين المحيطة والذي بدوره يتأثر بعاملين هما درجة الحرارة والرطوبة النسبية للمخزن. وتتراوح الرطوبة النسبية المناسبة للتخزين المبرد لمعظم المحاصيل البستانية من ٩٠ – ٩٥ %. إذ أنه عند انخفاض الرطوبة النسبية عن هذا المدى تفقد المحاصيل جزءا من محتواها الرطوبي، كما يجب أن لا تزيد الرطوبة النسبية عن الحدود المناسبة لتجنب نمو الكائنات الدقيقة (الأعفان والخمائر والبكتريا).

ويوصى بالتصميم المناسب لمبخرات التبريد أو عند الحاجة تركيب أجهزة ترطيب مناسبة وحساسات لقياس الرطوبة النسبية في غرف التبريد للحصول على الرطوبة النسبية المناسبة داخل المخازن. ويفضل استخدام أجهزة الترطيب الحديثة (شكل ١٣) مقارنة ببعض الطرق التقليدية التي غالباً ما تتم برش الأرضية بالماء حيث من الصعوبة التحكم في الرطوبة النسبية والحفاظ عليها. وفي بعض الحالات يمكن استخدام مكيفات صحراوية (تبريد تبخيري) مزود بأجهزة تحكم لزيادة الرطوبة النسبية داخل المخزن وللمساعدة في تخفيف الحمل التبريدي للمنشأة. ويبين جدولا ٧ و٨ الرطوبة النسبية الملائمة لتخزين أهم محاصيل الفاكهة والخضر مع الإشارة إلى طرق التبريد الابتدائي والفترة التخزينية وظروف التخزين الأخرى.

٩–٢–٣ نسب الغازات داخل مستودعات التبريد

يؤدي خفض نسبة الأكسجين ورفع نسبة ثاني أكسيد الكربون للهواء المحيط بالمحصول إلى تأجيل معدل التدهور أو الفقد للمنتج الطازج وبالتالي إطالة فترة صلاحيته. ويعتمد حجم هذه التأثيرات على نوع وصنف المنتج ودرجة النضج ومستويات غاز ثاني أكسيد الكربون والأكسجين والإيثيلين ودرجة الحرارة وفترة التخزين.

يمكن زيادة نسب بعض الغازات (مثل ثاني أكسيد الكربون) في غرف التبريد إما طبيعيا بالاعتماد على أن الناتج من تنفس المحاصيل هو هذا الغاز أو يتم تعديل نسبه باستخدام الثلج الجاف الذي ينتج عند ذوبانه غاز ثاني أكسيد الكربون. كما

يمكن استخدام اسطوانات لإضافة الغازات المطلوبة مثل ثاني أكسيد الكربون أو النيتروجين أو الإثيلين. ومن ناحية أخرى يمكن تقليل نسب بعض الغازات الموجودة عن طريق استخدام معدات لسحب الغازات أو استخدام الجير في امتصاص ثاني أكسيد الكربون أو التهوية المتحكم بها (الطبيعية أو الميكانيكية).

ويتم التحكم الآلي في نسب الغازات في غرف التبريد الحديثة عن طريق الحاسب ومعدات توليد الغازات المطلوبة وأخرى لامتصاص أو طرد الغازات غير المرغوب فيها. وعادة ما تكون هذه المخازن محكمة الغلق ومزودة بأنظمة أمان متقدمة. ويجب الحذر من فتح الأبواب ودخولها مباشرة لتجنب الاختناق حيث يتوجب تهويتها أولاً.

ويجري حالياً في معمل هندسة التصنيع الغذائي بكلية علوم الأغذية والزراعة بجامعة الملك سعود تنفيذ عدد من الأبحاث في مجال تقنيات حفظ بعض المحاصيل البستانية بالتحكم في نسب الغازات لإطالة فترة صلاحيتها. يبين شكل (١٥) غرف تخزين حديثة مزودة بتقنيات التحكم في أجواء التخزين وشاشة عرض بيانات التحكم في درجة الحرارة والرطوبة النسبية ونسب الغازات.





شكل (١٥). غرف تخزين حديثة مزودة بتقنيات التحكم في أجواء التخزين (يمين) وشاشة عرض بيانات التحكم في درجة الحرارة والرطوبة النسبية ونسب الغازات (يسار). (المصدر: الحمدان وآخرون، ٢٠١٠).

جدول (٧). بيانات ظروف التخزين والتبريد الأولي الملائمة والعمر التخزيني لبعض محاصيل الفاكهة.

م	المحصول	طرق التبريد الأولي*	درجة الحرارة، °م	الرطوبة النسبية، %	حساسية الإيثيلين **	الجو المتحكم به		العمر التخزيني التقريبي
						O_2	CO_2	
١	التفاح							
	غير حساس	غ هـ م	-١,١	٩٠-٩٥	ع	٢-٣%	١-٢%	٣-٦شهر
	حساس للبرودة	غ هـ م	٤	٩٠-٩٥	ع	٢-٣%	١-٢%	١-٢شهر
٢	المشمش	غ م	-٠,٥-صفر	٩٠-٩٥	م	٢-٣%	٢-٣%	١-٣ أسبوع
٣	الموز	--	١٣-١٥	٩٠-٩٥	ع	٢-٥%	٢-٥%	١-٤ أسبوع
٤	التوت	غ هـ	-٠,٥-٠	٩٠-٩٥	ض	٥-١٠%	١٥-٢٠%	٣-٦ يوم
٥	ليمون	--	١٠-١٣	٨٥-٩٠		٥-١٠%	٠-١٠%	١-٦ شهر
٦	برتقال	--	--	--	--	٥-١٠%	٠-٥%	--
٧	تمور (جاف)	--	-١٨-٢٠	٧٥	ض	--	--	٦-١٢ شهر
٨	تمور (خلال)***	غ هـ م	١	٩٠	--	٢-٥%	٢-٥%	٢-٦ أشهر
٩	تين	--	-٠,٥-٠	٨٥-٩٠	ض	٥-١٠%	١٥-٢٠%	٧-١٠ أيام
١٠	عنب	هـ	-٠,٥-٠	٩٠-٩٥	ض	٢-٥%، ٥-١٠%	١-٣%، ١٠-١٥%	١-٦ أشهر
١١	جوافة	--	٥-١٠	٩٠	م	--	--	٢-٣ أسابيع
١٢	مانجو	--	١٣	٨٥-٩٠	م	٣-٥%	٥-١٠%	٢-٣ أسابيع
١٣	شمام	--	٢-٥	٩٥	م	٣-٥%	١٠-١٥%	٢-٣ أسابيع
١٤	زيتون	--	٥-١٠	٨٥-٩٠	م	٢-٣%	٠-١%	٤-٦ أسابيع
١٥	خوخ	هـ م	-٠,٥-٠	٩٠-٩٥	م	١-٢%	٣-٥%	٢-٤ أسابيع
١٦	كمثرى	هـ غ م	-١,٥ إلى ٠,٥	٩٠-٩٥	ع	١-٣%	٠-٥%	٢-٧ أشهر
١٧	برقوق	هـ م	-٠,٥-٠	٩٠-٩٥	م	١-٢%	٠-٥%	٢-٥ أسابيع

المصدر: بتصرف من: Kader, A. , 2002

* طرق التبريد الأولي:

غ = غرفة تبريد   م = تبريد بالماء   هـ= هواء مدفوع

ب = بدون تبريد   ت = تبريد بالتفريغ   ث = ثلج معبأ

** حساسية الإيثيلين:

ع = عالي   م = متوسط   ض = ضعيف

*** (الحمدان وآخرون، ٢٠١٠م).

-- البيانات غير متوافرة أو التقنية غير مناسبة.

جدول (٨). بيانات ظروف التخزين والتبريد الأولي الملائمة والعمر التخزيني لبعض محاصيل الخضر.

م	المحصول	طرق التبريد الأولي*	درجة الحرارة °م	الرطوبة النسبية، %	حساسية الإيثيلين **	الجو المتحكم به		العمر التخزيني
						O_2	CO_2	
١	الفاصوليا الخضراء	غ هـ م	٤ — ٧	٩٠ — ٩٥	ض	--	--	٧ — ١٠ يوم
٢	البنجر (بدون أوراق)	غ	صفر	٩٨-١٠٠	ض	--	--	٣-٥ شهر
٣	الكرنب	غ هـ	صفر	٩٨-١٠٠	ع	--	--	٣ — ٦ أسبوع
٤	البروكولي	ث هـ م	صفر	٩٥ - ١٠٠	ع	١-٢%	٥-١٠%	١٠ — ١٤ يوم
٥	الجزر (بدون أوراق)	ث غ	صفر	٩٨-١٠٠	ع	--	--	٦-٨ شهر
٦	القنبيط	م ت	صفر	٩٥ - ٩٨	ع	٢-٥%	٢-٥%	٣ — ٤ أسبوع
٧	الذرة السكرية	م ث ت	صفر	٩٥ - ٩٨	ض	٢-٤%	٥-١٠%	٤ — ٨ يوم
٨	الخيار	هـ م	١٠-١٢	٨٥ - ٩٠	ع	٣-٥%	٠-٥%	١٠ — ١٤ يوم
٩	الباذنجان	غ هـ	١٠-١٢	٩٠- ٩٥	م	٣-٥%	٠%	١-٢ أسبوع
١٠	الثوم	ب	صفر	٦٥ — ٧٠	ض	٠,٥%	٥-١٠%	٦ — ٧ شهر
١١	الفجل	ث	صفر	٩٥- ١٠٠	ض	١-٢%	٢-٣%	١-٢ شهر
١٢	الخس	م ث	صفر	٩٨ - ١٠٠	ع	٢-٥%	٠%	٢ — ٣ أسبوع
١٣	الشمام	م هـ	٥- ١٠	٨٥ - ٩٠	ع	٣-٥%	٥-١٠%	٣ -٤ أسبوع
١٤	البطيخ	ب	١٠-١٥	٩٠	ع	--	--	٢ — ٣ أسبوع
١٥	المشروم (عش الغراب)	--	صفر	٩٠	م	٣-٢١%	٥-١٥%	٧ — ١٤ يوم
١٦	البامية	--	٧ — ١٠	٩٠ - ٩٥	م	هواء	٤-١٠%	٧ — ١٠ يوم
١٧	البصل (الرؤوس)	ب	صفر	٦٥ - ٧٠	ض	١-٣%	٥-١٠%	١ — ٨ شهر
١٨	البصل الأخضر	م ث	صفر	٩٥ — ١٠٠	ع	٢-٤%	١٠-٢٠%	٣ أسابيع
١٩	البقدونس	--	صفر	٩٥ — ١٠٠	ع	--	--	١ — ٢ شهر
٢٠	الكراث	م ث	صفر	٩٥ - ١٠٠	م	١-٢%	٢-٥%	٢ شهر
٢١	البسلة	هـ م ث	صفر	٩٠ — ٩٨	م	٢-٣%	٢-٣%	١ — ٢ أسبوع
٢٢	الفلفل الأخضر	غ هـ	٧ — ١٠	٩٥ — ٩٨	ض	٢-٥%	٢-٥%	٢ — ٣ أسبوع
٢٣	الفلفل الحار	غ هـ	٥-١٠	٨٥ — ٩٥	م	٣-٥%	٥-١٠%	٢-٣ أسبوع
٢٤	البطاطس	غ هـ	٤-١٢	٩٥- ٩٨	م	--	--	٥ — ١٠ شهر
٢٥	القرع العسلي	ب	١٢ — ١٥	٥٠ — ٧٠	م	--	--	٢ — ٣ شهر
٢٦	الفجل	ث	صفر	٩٥-١٠٠	ض	١-٢%	٢-٣%	١-٢ شهر
٢٧	السبانخ	م ث	صفر	٩٥ -١٠٠	ع	٥-١٠%	٥-١٠%	١٠ ١٤ يوم
٢٨	الكوسة	غ هـ	٧ — ١٠	٩٥	م	٣-٥%	٥-١٠%	١- ٢ أسبوع
٢٩	البطاطا الحلوة	ب	١٣ — ١٥	٨٥ — ٩٥	ض	--	--	٤ — ٧ شهر
٣٠	طماطم ملونة طماطم حمراء	غ هـ	١٠-١٣	٩٠-٩٥	ع	٣-٥%	٢-٣%	١-٣ أسبوع ٢-٥
		غ هـ	٨ — ١٠	٨٥ — ٩٠	ض	٣-٥%	٣-٥%	أسبوع
٣١	اللفت	غ م ت ث	صفر	٩٥	ض	--	--	٤ — ٥ شهر

المصدر: بتصرف من: Kader, A. , 2002

* طرق التبريد

** حساسية الإيثيلين،

-- البيانات غير متوافرة أو التقنية غير مناسبة

١٠- تقنيات حديثة في عمليات ما بعد الحصاد

هناك العديد من التقنيات الحديثة التي يمكن أن تجرى على للمحاصيل البستانية على مستوى تجاري، ومنها العمليات التالية:

١٠-١ الخضروات مسبقة الإعداد (المصنعة جزئياً)

هي الخضر التي تجرى عليها عمليات تصنيعية بسيطة ثم يتم تعبئتها في عبوات خاصة بهدف توفير وقت المستهلك والحصول على منتج طازج مثل السلطات الجاهزة للاستخدام. وفي الأغلب يتم تقطيع هذه الخضروات إلى شرائح أو يتم بشرها أو تقشيرها وإزالة الأجزاء غير المرغوب فيها. ولقد راجت هذه المنتجات في الدول الصناعية خاصة لمنتجات البنجر والجزر والكرفس والخيار والبصل والسبانخ والطماطم (شكل ١٦). وتتراوح درجة حرارة الحفظ من ٠,٥ إلى ٣,٥°م لفترة من اسبوع إلى ثلاثة أسابيع حسب المنتج ودرجة الحرارة ونوع التغليف في ثلاجات العرض في الأسواق المركزية.

ومن أهم وسائل إطالة فترة حفظ الخضر المصنعة جزئياً مايلي:

١) الخفض السريع في درجة حرارة المنتج إلى درجة أعلى قليلاً عن تلك المسببة للتجمد أو المسببة لضرر البرودة، ومن ثم المحافظة على هذه الدرجة حتى استهلاك المنتج.

٢) استخدام عبوات مناسبة لتقليل الفقد الرطوبي من المنتج. حيث يؤدي فقد الرطوبة إلى الذبول والإنكماش وفقدانها لمظهرها الطازج. ولذلك يجب حساب مقدار إنفاذية العبوات البلاستيكية لبخار الماء لتقليل فقد الماء، وفي نفس الوقت يجب ان تكون العبوات منفذة بدرجة محسوبة للغازات لتجنب تراكمها داخل العبوة مما قد يسبب التنفس اللاهوائي. وقد يتم ضخ غاز معدل محسوب (منخفض الأكسجين وعالي ثاني أكسيد الكربون) قبل قفل العبوة. إلا أنه يجب معرفة نسب الغازات المناسبة لكل محصول وإنفاذية العبوة لهذه الغازات وحساب ذلك لفترة صلاحية محددة مع الأخذ في الاعتبار التكلفة الاقتصادية.

٣) إبطاء التلون البني عن طريق بعض المضافات مثل حمض الاسكوربيك والستريك.

٤) خفض معدل تنفس المنتج بالطرق المناسبة والتي سبق التطرق إليها.

٥) التزام القواعد الصحية لمنع حدوث التلوث الميكروبي.





شكل (١٦). عبوات خضر ورقية مسبقة الإعداد (المصدر: تصوير المؤلفين).

١٠-٢ تشعيع المنتجات البستانية

يقصد بتقنية التشعيع للأغذية تعريض الغذاء إلى أحد مصادر الطاقة الإشعاعية، إما من نظائر مشعة (مثل أشعة جاما Gama) أو من أجهزة كهربائية تنتج كميات محكمة من الأشعة (الأشعة الإلكترونية Electron Beam أو الأشعة السينية X-ray) والتي تتخلل المواد الغذائية. يُجرى تشعيع الأغذية بتعريض المنتجات الزراعية والغذائية إلى أشعة ذات طاقة عالية في صورة جرعة مقننة مرخص بها ولفترة زمنية معينة داخل وحدة تشعيع محكمة لتحقيق القضاء على الأطوار الحشرية المختلفة في الحبوب المخزونة والتمور والبقوليات والتوابل وغيرها (Al-Kahtani *et al.*, 1998).

وهناك العديد من المميزات للتشعيع منها:

١) لا تؤدي لتسخين الغذاء ولهذا يطلق على تشعيع الغذاء بجرعة مرتفعة من الإشعاع ب "التعقيم البارد".

٢) تعقيم الأغذية المجمدة (دون صهرها) حيث أنه لا يسبب إلا ارتفاعا ضئيلا في درجة حرارة الغذاء وبالتالي فهو قادر على قتل الأحياء الدقيقة بدون تسخين وإذابة.

٣) تطبيق التشعيع للمنتجات وهي في عبوات محكمة الغلق وذلك لتجنب مشكلة إعادة التلوث أو إعادة الإصابة بالحشرات. وعادة فإن الأشعة لا تؤثر على مواد التعبئة المستعملة في حفظ الغذاء.

٤) يمكن إجراء التشعيع تحت ظروف خاصة مثل درجات الحرارة المنخفضة أو الجو الخالي من الأوكسجين.

٥) تقليل نسبة الفاقد بعد الحصاد بتقليل الاعتماد على المواد الكيميائية المستخدمة في حفظ وتعقيم المنتجات الغذائية والزراعية.

٦) تتميز طريقة التشعيع بكونها سريعة.

ومن تطبيقات استخدام تقنية التشعيع للأغذية:

١. تقليل أو منع الإنبات (التزريع) في الخضروات مثل البطاطس والبصل والثوم وإطالة فترة صلاحيته.

٢. تأخير إنضاج العديد من الفواكه مثل استخدام التشعيع لتأخير إنضاج الموز والمانجو والجوافه.

٣. تحسين الصفات الطبيعية بإحداث تغيرات فيزيائية مرغوبة مثل زيادة ذوبان الخضروات المجففة في الماء بدرجة كبيرة.

٤. تعقيم بعض الوجبات الغذائية لمرضى نقص المناعة البيولوجية في المستشفيات، وفي معالجة وجبات رواد الفضاء، وفي حال الكوارث وغيرها.

٥. تسهيل التبادل التجاري للمنتجات الغذائية الزراعية بين الدول، حيث أن كثيراً من الدول تمنع استيراد الأغذية المصابة أو المشتبه في إصابتها بالحشرات خوفاً من دخول أو حدوث إصابات جديدة في بلدانها.

ومن أهم عوائق انتشار تقنية التشعيع لحفظ الأغذية هو خلط المستهلك بين مفهوم التلوث الإشعاعي ومفهوم تقنية التشعيع بسبب الأفكار المتعلقة بالحروب والتفجيرات النووية والحوادث النووية الإشعاعية. وتضع الكثير من دول العالم مواصفات قياسية تحدد المستويات القصوى المسموح بها للملوثات الإشعاعية في المنتجات الغذائية تكفل حماية الإنسان والحيوان من مخاطر التلوث الإشعاعي. ومما يعيبها أيضاً التكلفة العالية والحاجة إلى موافقة جهات تشريعية خاصة عند استخدام النظائر المشعة (كوبلت ٦٠ لأشعة جاما).

١٠–٣ تقنيات الهندسة الوراثية

النباتات المهندسة أو المعدلة وراثيا هى نباتات تحتوى على جين أو العديد من الجينات التى تم إدخالها بطرق التقنية الحيوية الحديثة تتطور تقنيات الهندسة الوراثية بشكل مطرد لإنتاج محاصيل تقاوم الإصابات المرضية وإنتاج ثمار ذات مواصفات جودة عالية من حيث القيمة الغذائية او تجانس الشكل او طول فترة الحفظ كما في الطماطم وغيرها. ففي عام ١٩٩٤ أنتجت شركة Calgene أول صنف من الطماطم المعدلة وراثيا، أطلق عليه (Flavr-Savr) ومنذ ذلك الحين ازداد انتاج المحاصيل المعدلة وراثيا بمقدار ٢٠ ضعفا.كما يمكن عن طريق التقنية الحيوية تأخير فترة نضج بعض المحاصيل كما في التفاح (عبدالعال، ٢٠٠٠). وهذا مما يساهم بشكل كبير في تحسين الجودة الظاهرية للمنتج وإطالة فترة صلاحيته. إلا أن هناك العديد من التحفظات على هذه التقنية حتى تثبت خلوها من أي آثار جانبية على صحة الإنسان.

١٠–٤ تطبيقات الزراعة العضوية

تلقى منتجات الزراعة العضوية قبولاً واسعا في كثير من الدول خصوصاً بعد تنامي الوعي بالنواحي الغذائية الصحية للإنسان. وتهدف أنظمة الزراعة العضوية إلى إنتاج غذاء ذي قيمة غذائية مرتفعة وجودة عالية واستخدام المصادر الطبيعية المتجددة في الزراعة مع مراعاة المحافظة على البيئة الزراعية المستدامة. وتشمل المعاملات الزراعية العضوية استخدام المخصبات الحيوية والسماد الأخضر وتطبيق الدورة الزراعية والمكافحة الحيوية والمتكاملة للآفات. وتتميز المنتجات البستانية العضوية باحتوائها على الفيتامينات ومضادات الأكسدة أكثر مما في المنتجات غير العضوية، أنها لا تحتوي على كائنات معدلة وراثيا او متبقيات مبيدات أو ملوثات كيماوية، كما أنها تتميز بملائمتها لعمليات الحفظ والتصنيع لانخفاض معدل تنفسها وطول فترة صلاحيتها (الرضيمان والشناوي، ١٤٢٥هـ).

١٠–٥ معاملة المحاصيل البستانية بمركب 1-MCP

مركب 1-MCP عبارة عن مادة على شكل مسحوق عندما تضاف للماء تقوم المادة النشطة (1-methylcyclopropene) بعملها داخل الثمار لإطالة فترة صلاحية الفاكهة المخزنة.

تم اكتشاف مركب 1-MCP قبل أكثر من عقد مضى بواسطة شركة زهور لإطالة فترة حفظها. وفي عام ٢٠٠٢م تم تسجيل هذا المركب لدى وكالة حماية البيئة الأمريكية لتطبيقه على العديد من الفواكه والخضر. يقوم هذا المركب بتأخير العمليات الحيوية المتعلقة بهرمون الإيثيلين الطبيعي. يعمل هذا المركب على المحافظة على المنتج طازجاً وذلك بالحفاظ على قوام الثمار ومعدل الحموضة لفترة تخزين طويلة وتحديداً للفواكه والخضروات الحساسة للإيثيلين. وهذا لا يلغي بأي حال دور التبريد في الحفاظ على المنتج بل هو مساعد له. ولقد أثبتت هذه المادة فعاليتها. كذلك حافظت على اللون الأخضر للخضروات الورقية. وتتم آليتها بعد خلط المادة الفعالة بالماء أن تترك في غرف التخزين محكمة الغلق عند درجة حرارة ما بين ١٥ إلى ٢٥°م ولمدة تصل إلى ٢٤ ساعة (الحمدان ٢٠١٠).

ولتحقيق أعلى فعالية فينصح بمعاملة المحصول فور وصوله للمستودعات وقبل أن يصل إلى إنتاجه العالي من الإيثيلين. وتتناقص فعالية هذه المادة عند المعالجة في فترة تخزينية لاحقة وبتقدم مرحلة النضج. ولقد أثبتت هذه المادة فعاليتها في السنوات الأخيرة وبالذات في الحفاظ على طعم وقوام التفاح في ولايات واشنطن وكاليفورنيا. وتقدر نسبة التفاح التي يتم معاملته بهذا المركب بنحو ٥٠% من التفاح المخزن في ولاية واشنطن في عام ٢٠٠٣ م. وأصبحت العديد من مخازن التبريد في أمريكا تطبقه في منشئاتها بشكل موازي أو مستقل عن تقنيات التحكم في الغازات. وهذا يعطي دلالة على إمكانية استخدامه في العديد من

المنتجات الأخرى. وهذا يحتاج إلى عمل أبحاث مكثفة في هذا المجال. ولقد بدأ قسم الهندسة الزراعية بجامعة الملك سعود في إجراء الأبحاث لعدد من المنتجات المحلية بهدف إطالة فترة صلاحيتها باستخدام هذا المركب (الحمدان، ٢٠١٠).

١٠-٦ تقنيات مكافحة الآفات الحشرية

هناك حاجة ملحة لتوفير عدد من البدائل الفعالة والآمنة والمجدية اقتصاديا للقضاء على الآفات الحشرية التي تصيب للفواكه والحبوب، وذلك بتحريم استخدام غاز بروميد الميثيل عالميا في عام ٢٠١٥م (Carpenter et al., 2002). ومن هذه البدائل:

١. مواد مشابهة لمفعول بروميد الميثيل مثل مركب الفوسفين الذي يناسب مخازن التخزين محكمة الغلق. ولكن يعاب عليه سميته واحتياجه لعدة أيام للمعالجة الفعالة.
٢. الأشعة بأنواعها (جاما، والاكترون، والسينية) كما سبق التطرق لها.
٣. أشعة الميكرويف، والتي ثبت جدواها في قتل الآفات الحشرية بأنواعها ذات المعالجة على دفعات أو تلك المتواصلة (الحمدان والدريهم، ٢٠٠١).
٤. التحكم في نسب غازات المخازن أو حاويات أو العبوات (إحلال النيتروجين أو ثاني أكسيد الكربون بنسب محددة) مكان الهواء الجوي.
٥. التبريد والتجميد: حيث يعمل التبريد على تثبيط نشاط الآفات الحشرية بينما يعمل التجميد على قتل تلك الآفات.
٦. استخدام المكافحة الحيوية مثل بعض الفطريات والحشرات المفترسة والتعقيم.
٧. وبالطبع فإن أهمية الوقاية من الإصابة هي أولى خطوات مكافحة تلك الآفات عبر نظام متكامل للجودة الشاملة ليشمل جميع عمليات ما قبل الحصاد وأثناء الحصاد وما بعد الحصاد.

١٠-٧ تقنيات مستقبلية للعبوات

تتطور تقنية العبوات الغذائية بتسارع كبير جداً حتى أن جهات المراقبة والتشريع تكاد لا تستطيع اللحاق بتلك التطورات، ومن ثم تنظيمها . ومن أمثلة العبوات المستقبلية:

أ) العبوات الذكية

تتميز بتغير لون جزء من العبوة حسب درجة فساد محتوياتها. فيضاف لمادة العبوة نفسها حساسات (مؤشرات) تعمل على القياس والتفاعل مع درجة حرارة وزمن التخزين. وهذه التفنية يمكن أن تزود الجهات الرقابية على الأغذية ببيانات ما إذا كانت العبوة قد تعرضت لدرجة حرارة أعلى من الموصى بها. فعند تعرض هذه العبوة لأي ارتفاع في درجة الحرارة عن تلك الدرجة الموصى بها يعطي المؤشر لوناً أو علامة تبين تعرض العبوة لسوء تخزين يؤثر على جودة وصلاحية المنتج للاستهلاك.

وهناك نوع آخر من العبوات الذكية تعطي مؤشراً على مراحل فترة الصلاحية خلال التخزين كما يتضح ذلك في شكل (١٧). ولكن من ضمن سلبيات هذه العبوات التي تحتاج لمعالجة أنها تعطي درجة حرارة سطح العبوة عوضاً عن داخل المنتج الغذائي. أي أن التغيرات في لون العبوة يتأثر بظروف بيئة سطح العبوة الداخلي بدلاً من مركز المنتج الغذائي. إلا أنه يمكن تصميم حساسات توضع في وسط صندوق الفاكهة مثلاً.



شكل (١٧). العبوات الذكية وفيها يتحول لون اللاصق حسب درجة الحرارة وفترة صلاحية المنتج (المصدر: http://www.ripesense.com).

ب) العبوات النشطة

تضاف مواد تقوم بتزويد محيط الغذاء (داخل العبوة) ببيئة التخزين المناسبة. مثل سحب الأكسجين من الجو لتكون نسبته محددة. تقوم هذه العبوات بالتنشيط والتغيير المستمر إما لخصائص إنفاذية العبوات أو لتركيز المواد المتطايرة والغازات في فراغ قمة العبوة. أحد الأمثلة على المواد المستخدمة في العبوات النشيطة هي ماصات الأكسجين. حيث تضاف هذه المواد منفصلة عن المادة الغذائية في عبوات صغيرة في فراغ قمة العبوة. هذا يمكن المادة من امتصاص وتقليل تركيز الأكسجين إلى مستويات متدنية، والتي من يصعب التحكم فيها في خطوط الإنتاج الصناعية. وفي تطبيقات أخرى، تحتوي العبوات على مواد مثبطة أو مانعة للأنشطة الميكروبية.

ج) العبوات المحسوبة النفاذية

نتيجة لاحتياج بعض المنتجات البستانية إلى ظروف تخزين ملائمة من نسب الغازات والرطوبة نسبية داخل العبوة، فقد جاءت فكرة أن تصنع هذه العبوات بمسامات بأقطار وأعداد محسوبة للتحكم في مقدار كسب أو فقد تلك الغازات (أكسجين، ثاني لأكسيد الكربون، وإيثيلين) وكذلك بخار الماء. تتراوح أقطار تلك العبوات ما بين ١٠٠ إلى ٣٠٠ ميكرون وبعدد ١٠ آلاف ثقب لكل متر مربع. وقد أمكن التحكم في إنفاذية الغازات بدقة عالية عن طريق استخدام تقنية الليزر في عمل ثقوب محسوبة على مستوى النانو (شكل ١٨).



شكل (١٨). ثمار البرحي معبأة داخل عبوة بلاستيكية ذات جو هوائي معدل بنفاذية غازات محسوبة (المصدر: تصوير المؤلفين)

وشكل توضيحي لانتقال جزيئات الغاز (بمقياس النانو) عبر غلاف العبوة بسبب فرق الضغط الجزئي للغاز.

١١- خاتمة ونظرة مستقبلية

تلعب المحاصيل البستانية (التي تشمل محاصيل الفاكهة والخضر) دوراً كبيراً في الإنتاج الزراعي كما أنها تلعب دوراً مهماً في إمداد الإنسان بالعناصر الغذائية والفيتامينات والألياف، إلا أنها منتجات قابلة للتلف نظراً لكونها أكثر عرضة لحدوث تلف ما بعد الحصاد بالمقارنة مع محاصيل الحبوب. و يمكن القول بصفة عامة أن حوالي ٢٥% من منتجات الخضر والفاكهة التي تنتج على مستوى العالم تتعرض للفقد تبعاً لنوع المحصول ومستوى تطبيق التقنيات الحديثة في مراحل الزراعة والحصاد والتداول والتخزين. وإذا تم تقليل نسبة فاقد ما بعد الحصاد فان ذلك يعني زيادة في الإنتاج الزراعي وتحسين جودة المنتج. وقد قطعت بعض الدول شوطاً كبيراً في تحديد درجات الجودة للمحاصيل البستانية والاهتمام بعمليات ما بعد الحصاد التي تشمل النقل والإعداد والتجهيز والتخزين والتعبئة. فالجهود التي تبذل لمراقبة نقاط التحكم في الجودة لكل عملية تلي عملية الحصاد سوف تساعد في النهاية على الحفاظ على المنتج بأعلى جودة لأطول فترة صلاحية ممكنة. ويتوقع في المستقبل القريب استخدام مواد أو منظمات طبيعية تدخل ضمن تركيب العبوة. كما يتوقع أن تكون مواد العبوات صديقة للبيئة وذلك بإعادة استخدامها أو التخلص الآمن منها بحيث تكون المنتجات آمنة وذات قيمة غذائية عالية واقتصادية. وتبرز الحاجة إلى مزيد من الجهد بين الباحثين، منتجي الأغذية، منظمات حماية المستهلكين، والجهات الرسمية ذات العلاقة في مختلف الدول لوضع مواصفات لتطوير أنظمة عبوات ذكية ونشيطة على أن تكون المنتجات آمنة وفي نفس الوقت محافظة على القيمة الغذائية، وبالتأكيد أن تكون ذات جدوى اقتصادية. وهناك العديد من الجهود لتحسين الجودة ومعاملات ما بعد الحصاد للمحاصيل البستانية من قبل الجهات البحثية ذات العلاقة في الجامعات والمراكز البحثية في وزارة الزراعة وغيرها.

١٢- المراجع

الحمدان، عبدالله محمد والدريهم، يوسف. ٢٠٠١م. استخدام أشعة الميكرويف للقضاء على الخنفساء المنشارية. مشروع ممول من مركز البحوث الزراعية. جامعة الملك سعود.

الحمدان، عبدالله وحسن، بكري. ٢٠٠٦. الخواص الميكانيكية للتمور السعودية. ممول من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية. رقم أت ١٨-٤٨.

الحمدان، عبدالله و حسن، بكري و القحطاني، حسن واسماعيل، صبحي. ٢٠٠٧. إنتاج رطب فائق الجودة من أصناف مختارة من التمور السعودية. ممول من قبل مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية لبرنامج البحوث الكبيرة رقم (أت-٢٠-٤٨).

الحمدان، عبدالله و حسن، بكري و القحطاني، حسن واسماعيل، صبحي. ٢٠١٠. إطالة فترة حفظ البلح الطازج بتقنية التحكم التخزين بالغازات المتحكم بها. ممول من قبل مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية لبرنامج البحوث الكبيرة رق م أت ٢٨-٨٤.

الرضيمان، خالد بن ناصر و محمد زكي الشناوي. ١٤٢٥. مقدمة في الزراعة العضوية. الجمعية السعودية للعلوم الزراعية. الإصدار الثامن. ٤٠ ص

السعدون، عبدالله والحمدان، عبدالله. ٢٠٠٤م. تأثير الأغلفة البلاستيكية على الخواص الكيميائية والميكانيكية وصفات الجودة للطماطم المخزنة عند درجات حرارة مختلفة ورطوبة نسبية عالية. مركز البحوث الزراعية رقم ١٣٢ و١٣٣.

عبد العال، زيدان السيد. ٢٠٠٠. ثورة الهندسة الوراثية. منشأة المعارف. الإسكندرية. ٣١٧ ص

الهلال، ابراهيم والحمدان، عبدالله محمد. ٢٠٠٦. ترشيد المياه والطاقة الكهربائية في نظم تبريد المنشآت الزراعية. ممول من قبل مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية لبرنامج البحوث الكبيرة رقم (أت-٢١-٣٢).

وزارة الزراعة. ٢٠١٠م. الكتاب الإحصائي الزراعي السنوي الثاني والعشرون. إدارة الدراسات والتخطيط والإحصاء.

اليتيم، صلاح الدين محمود. ١٩٩٥. فسيولوجيا مابعد القطف وتداول الحاصلات البستانية. المكتب الجامعي الحديث. الاسكندرية. ص ٣٧٠.

Kader, A. A. 2002. Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California, Agric. and Nat. Resources Publ. 3311. Oakland, C.A. 535P. Wills, R. B.

Al-Kahtani, H. A., Abu-Tarboush, H. M., Al-Dryhim, Y. N., Ahmed, M. A., Bajaber, A. S., Adam, E. E. and El-Mojaddidi, M. A. 1998. Irradiation of dates: Insect disinfestation, microbial and chemical assessments, and use of thermoluminescence technique. Radiat. Phys. Chem. [UK]. 53: 181-187.

Carpenter, J., Gianessi, L., Lynch, L. 2000. The Economic Impact of the Scheduled U.S. Phase out of Methyl Bromide. National Center for Food and Agricultural Policy. Washington, DC.